

# SAÚDE DESPERDIÇADA O CASO DOS LIXÕES

---



Antonis Mavropoulos  
Presidente do Comitê Técnico Científico da ISWA

Setembro de 2015



## MENSAGENS PRINCIPAIS

Os lixões são um problema mundial. Neles vão parar cerca de 40% dos resíduos do planeta, servindo de 3,5 a 4 bilhões de pessoas, e afetando as vidas diárias de milhões de seres humanos. Com o aumento da urbanização e o crescimento populacional, acredita-se que pelo menos outras centenas de milhões de pessoas mais acabem tendo seus resíduos enviados para lixões, principalmente nos países em desenvolvimento.

Apesar da falta de estudos epidemiológicos sistemáticos que documentem inteiramente os impactos dos lixões na saúde, os estudos científicos atualmente disponíveis já evidenciam riscos muito significativos.

Os problemas ambientais e de saúde associados aos lixões estão relacionados às emissões por eles causadas, que normalmente envolvem POPs (poluentes orgânicos persistentes), metais pesados e VOCs (compostos orgânicos voláteis). Os riscos reais à saúde dependem das práticas adotadas e do tipo de resíduo que é disposto em cada lixão, bem como das condições sociais e ambientais da área.

A queima a céu aberto e a alimentação animal aumentam significativamente os riscos; no primeiro caso, pelas emissões diretas de poluentes perigosos, e pela transferência dos poluentes à cadeia alimentar, no segundo.

Considerando que cerca de 75 milhões de pessoas ainda são servidas (afetadas) pelos lixões no Brasil, segundo os dados do último Panorama 2014 da ABRELPE, é possível, e bastante útil, avaliar os custos ambientais e de saúde associados a esses lixões.

O custo da inação por manter os lixões em funcionamento é bastante elevado, mas muitos de nós ainda não sentimos diretamente esse custo, por dois motivos:

- Falta de estudos relevantes e de um sistema de contabilidade no nível local e/ou regional; e
- Boa parte do custo é cobrada no futuro, seja para as gerações seguintes ou nos custos com saúde nos próximos anos.

As avaliações mencionadas devem servir de base para os devidos ajustes de políticas públicas e demonstram a necessidade de realizar estudos mais detalhados dos custos da inação para com os lixões no Brasil.

A ISWA conclama todas as organizações relevantes, os governos e as autoridades locais para desenvolver programas emergenciais que identifiquem os lixões mais insalubres e atuem para o seu fechamento. A ISWA diretamente, e através de seus membros, considera que o fechamento dos lixões é uma emergência de saúde e trabalhará em estreita colaboração com todos os atores envolvidos, no sentido de acelerar programas, iniciativas e investimentos que culminem em um planeta livre dos lixões.

## INTRODUÇÃO

O objetivo deste relatório é destacar os graves riscos à saúde que os lixões infligem a bilhões de pessoas. Considerando que a rápida urbanização e a ausência de sistemas efetivos de gestão de resíduos nos países em desenvolvimento fará com que o número de pessoas expostas aos lixões continue a crescer, o fechamento dos lixões é considerado uma emergência de saúde mundial. Organizações internacionais, governos e autoridades locais precisam elaborar planos apropriados que substituam gradualmente os lixões por uma infraestrutura melhor controlada e de menor risco.

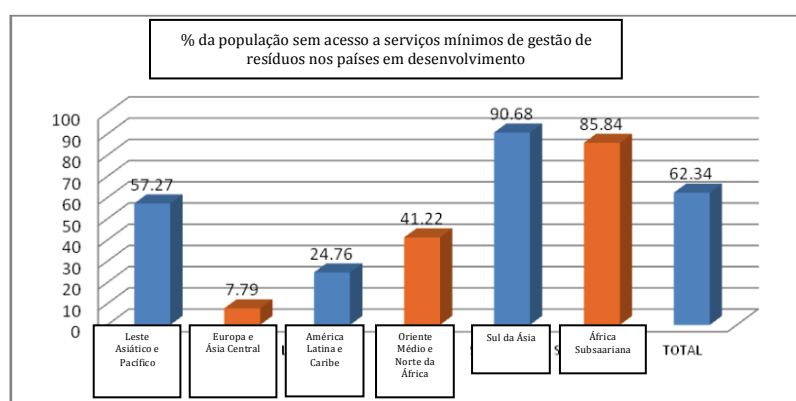
O relatório começa com fatos e dados referentes aos lixões no mundo moderno. Depois, é apresentada uma estrutura conceitual dos lixões, e suas principais características são discutidas.

A parte principal do relatório traz as evidências científicas dos riscos à saúde causados pelos lixões, os impactos sobre os trabalhadores, coletores informais de recicláveis e moradores dos arredores, e os fatores que afetam a extensão desses impactos. Também está inclusa uma nota sobre a avaliação econômica dos impactos à saúde, a fim de destacar a importância e as dificuldades envolvidas nesse esforço.

O relatório se encerra com algumas conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

## 1. UM VELHO PROBLEMA TORNA-SE UM DESAFIO MUNDIAL

A disposição inadequada e a queima de resíduos a céu aberto foi norma na maioria dos países em desenvolvimento até a virada do século XXI. Tal prática levou à criação de lixões, causando riscos significativos às residências vizinhas e ao meio ambiente. Práticas de disposição a céu aberto ainda são o método predominante, nos países de baixa renda e nos de renda média-alta. Aparentemente, a prática tende a ser eliminada nos países desenvolvidos, embora ainda existam denúncias de lixões ilegais<sup>1,2</sup>. Relatórios recentes apontam que de 3,5 a 4 bilhões de pessoas são servidas por lixões no mundo todo, e que 40% de todo o lixo gerado seja encaminhado a tais locais<sup>3,4</sup>. A distribuição geográfica da população sem acesso a coleta regular e a um descarte efetivo de resíduos é mostrada na Figura 1.



**Figura 1: Percentual da população nos países em desenvolvimento sem acesso a coleta regular e a um descarte efetivo de resíduos – o termo TOTAL se refere à porcentagem da população em todos os países em desenvolvimento<sup>4</sup>**

O relatório “Waste Atlas 2014” lista os 50 maiores lixões do planeta e destaca seus riscos ambientais e para a saúde<sup>5</sup>. De acordo com as estimativas fornecidas, esses 50 lixões afetam as vidas de centenas de milhões de pessoas e abrigam milhares de catadores informais de materiais recicláveis.

O descarte a céu aberto ocorre com frequência próximo dos centros urbanos e, em alguns casos, áreas residenciais são formadas e se expandem ao redor dos lixões. Quase todos os 50 maiores lixões do mundo<sup>5</sup> se localizam perto, ou até mesmo dentro de áreas urbanas, e próximos a recursos naturais. Desses 50 lixões, 42 possuem assentamentos a menos de 2 km de distância, 44 estão perto (menos de 10 km) de recursos naturais e 38 estão próximos a fontes hídricas como rios, lagos e oceanos, ameaçando a população marinha e da costa. Embora não contabilizada, a contribuição dos lixões para o lixo marinho é, obviamente,

<sup>1</sup> Decisões do Tribunal de Justiça Europeu para a Itália e a Grécia, em <http://www.courthousenews.com/2014/12/02/eu-trashes-italy-and-greece-for-garbage-woes.htm>

<sup>2</sup> EUROPOL, Europol warns of increase in illegal waste dumping, 2011, em <https://www.europol.europa.eu/content/press/europol-warns-increase-illegal-waste-dumping-1053>

<sup>3</sup> ISWA, Globalization and Waste Management, Phase 1, Concepts and Facts, 2012, em <http://www.iswa.org/media/publications/knowledge-base/>

<sup>4</sup> D-WASTE, Waste management for everyone, 2013, em <http://d-waste.com>

<sup>5</sup> WASTE ATLAS, The World's 50 Biggest Dumpsites, 2014 em <http://www.atlas.d-waste.com>

substancial.

Devido tanto ao aumento da população e da Renda Bruta per capita nos países em desenvolvimento, cada vez mais resíduos municipais, industriais e perigosos estão ingressando todos os dias nos fluxos de resíduos. Estima-se que, em todo o mundo, os restos de alimentos nos resíduos urbanos aumentem até 44% no período de 2005 a 2025<sup>6</sup>. Se as atuais tendências de gestão de resíduos forem mantidas, a previsão é de que os resíduos de alimentos descartados em lixões e aterros irão aumentar de 8 a 10% a participação das unidades de destinação nas emissões antropogênicas de Gases do Efeito Estufa.

Considerando que existe um abismo crescente entre o progresso do saneamento e as taxas de urbanização<sup>7</sup>, é possível considerar que, nos próximos 10 a 15 anos, muito mais resíduos irão parar em lixões e mais algumas centenas de milhões de pessoas serão também servidas por eles.

Os lixões recebem diferentes tipos de fluxos de resíduos, incluindo aí resíduos municipais, esgotos, lodos, resíduos perigosos, lixo eletrônico, resíduos hospitalares, etc. Muitos lixões são o destino final de cargas ilegais de resíduos perigosos (tráfico de lixo), cujo valor é estimado entre 10 e 12 bilhões de dólares e geram grande receita para os criminosos envolvidos no comércio<sup>8</sup>. Como exemplo, a União Europeia (UE), apesar de sua legislação, é uma grande fonte de geração de lixo eletrônico, que é exportado ilegalmente e descartado em países em desenvolvimento, uma estimativa de 75% do lixo eletrônico gerado na UE.<sup>9</sup>

A Figura 2 resume as dimensões globais dos lixões.

---

<sup>6</sup> Adhikari, B. K. and Barrington, S. (2006) 'Predicted Growth of World Urban Food Waste and Methane Production', Waste Management & Research, vol.24, 5ª edição, pp. 421-433

<sup>7</sup> OMS e UNICEF, Progress on sanitation & Drinking Water, atualizado em 2010

<sup>8</sup> ISWA, Globalization and Waste Management, Relatório final, em <http://www.iswa.org/media/publications/knowledge-base/>

<sup>9</sup> Agência de Investigação Ambiental do Reino Unido, System Failure, The UK's harmful trade in electronic waste, Maio de 2011

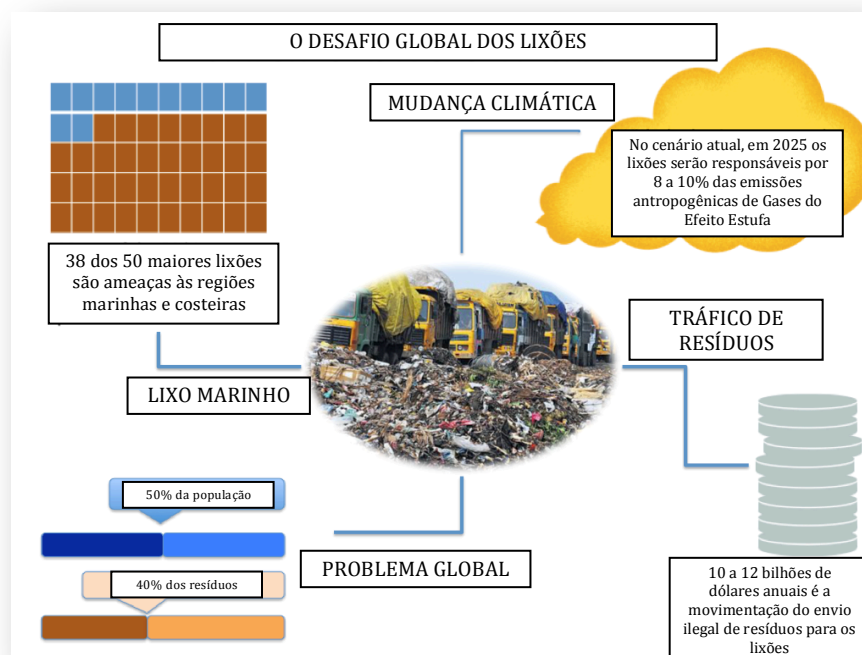


Figura 2: O desafio global dos lixões

## 2. OS LIXÕES E O MEIO AMBIENTE

O termo “lixão a céu aberto” é usado para caracterizar um local de disposição em solo no qual ocorre disposição indiscriminada de resíduos sólidos, com nenhuma ou, no máximo, algumas medidas bem limitadas de controle das operações e proteção do ambiente do entorno<sup>10</sup>.

Além disso, é típico que nenhuma ação de planejamento (como a análise de sensibilidade do local) ou de engenharia (como um sistema de revestimento) seja implementada antes da disposição dos resíduos. Um lixão a céu aberto não tem relação alguma com um aterro sanitário. Este último constitui um método aceitável e adequado de destinação dos resíduos, com emissões controladas e impactos limitados à saúde e ao meio ambiente, enquanto os lixões a céu aberto são exatamente o contrário. Entre o lixão a céu aberto e o aterro sanitário, situa-se uma área cinzenta denominada “aterro controlado”, com níveis diversos de engenharia e controle ambiental, os quais variam conforme a região e o país. As diferenças entre lixões a céu aberto, aterros controlados e aterros sanitários serão apresentadas resumidamente logo abaixo.

<sup>10</sup> ISWA, Grupo de Trabalho para Aterros Sanitários, Key-Issue Paper on Closing of Open Dumps, 2006, available at <http://www.iswa.org/media/publications/knowledge-base/>

**Tabela 1: Diferenças entre lixões a céu aberto, aterros controlados e aterros sanitários<sup>11</sup>**

<b>Crítérios</b>	<b>Lixão a céu aberto</b>	<b>Aterro controlado</b>	<b>Aterro sanitário</b>
<b>Local da instalação</b>	- Local não planejado ou impróprio	- Condições hidrogeológicas às vezes consideradas	- Local escolhido com base em fatores ambientais, comunitários e de custo
<b>Capacidade</b>	- Capacidade do local é desconhecida	- Capacidade planejada	- Capacidade planejada
<b>Preparação de células</b>	- Não existe preparação de células - O lixo é disposto indiscriminadamente - A face/área de trabalho não é controlada	- Não há preparação de células, mas a face/área de trabalho é reduzida - A disposição se dá apenas em áreas designadas	- Desenvolvimento de células individuais - A face/área de trabalho está confinada na menor área prática - A disposição se dá apenas em áreas designadas
<b>Preparação do local</b>	- Pouca ou nenhuma preparação	- Terraplanagem da base da área de disposição - Drenagem e controle das águas de superfície na periferia do local	- Preparação extensiva do local
<b>Gestão de chorume</b>	- Não há	- Não há ou Parcial	- Total
<b>Gestão do gás</b>	- Não há	- Parcial ou nenhuma	- Total
<b>Aplicação de cobertura de solo</b>	- Cobertura ocasional ou nenhuma	- Implementação de cobertura regular, mas não necessariamente diária	- Aplicação diária de camadas intermediárias e finais
<b>Compactação dos resíduos</b>	- Não há	- Compactação em alguns casos	- Compactação dos resíduos
<b>Manutenção de vias de acesso</b>	- Não há manutenção adequada	- A manutenção é limitada	- Desenvolvimento e manutenção plenos das vias de acesso
<b>Cercas</b>	- Não há	- Há cercas	- Há cercas e portões
<b>Entradas de resíduos</b>	- Não há controle sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam	- Controle parcial ou nenhum, mas o resíduo aceito para descarte se limita ao RSU	- Controle total sobre a quantidade e/ou a composição dos resíduos que chegam - Disposições especiais para tipos de resíduos especiais
<b>Manutenção de registros</b>	- Não há	- Manutenção básica	- Registro completo de volumes de resíduos, tipos, fontes e atividades/eventos do local
<b>Triagem de resíduos</b>	- Coleta por catadores	- Coleta e comércio controlados	- Não há coleta e comércio de resíduos no local
<b>Fechamento</b>	- Não ocorre o devido fechamento após o encerramento das operações	- As atividades de fechamento são limitadas à cobertura com solo solto ou parcialmente compactado e replantio de vegetação	- Fechamento total e gerenciamento pós-fechamento
<b>Custo</b>	- Baixo custo inicial, alto custo no longo prazo	- Custo inicial baixo a moderado, alto no longo prazo	- Custos inicial, operacional e de manutenção elevados, moderados no longo prazo
<b>Impactos sobre a saúde e o meio ambiente</b>	- Grande potencial de incêndios e efeitos adversos sobre a saúde e o meio ambiente	- Menor risco de impactos à saúde e ambientais se comparado ao lixão a céu aberto	- Risco mínimo de impactos adversos sobre a saúde e o meio ambiente

Os principais impactos sobre a saúde e o meio ambiente causados pelos lixões são causados pelas emissões geradas pela decomposição do volume de resíduos, conhecidas como chorume e biogás.

O chorume é o líquido produzido pela decomposição dos resíduos e pela percolação de água (da chuva, de drenagem superficial, de lençóis freáticos, etc.) através dos resíduos sólidos em decomposição. À medida que a água se infiltra, os constituintes químicos e biológicos dos resíduos lixiviam, formando uma solução. A água infiltrada também pode se misturar com o líquido que é forçado para fora dos resíduos devido ao peso do material. Ou seja, chorume é um líquido que contém materiais dissolvidos e suspensos que, se não controlados adequadamente, podem passar para o solo abaixo e contaminar mananciais de água potável e de água superficial. A composição do chorume depende do nível de degradação e do tipo de resíduos no local de disposição.

A decomposição do resíduo também provoca a geração de gases, principalmente de uma mistura de metano e dióxido de carbono (por volta de 50-50% em condições anaeróbicas) denominada biogás. À medida que o metano é formado, ele acumula pressão e começa a mover-se através do solo, seguindo o caminho de menor resistência. Com frequência, o metano se move lateralmente por um tempo, antes de chegar à superfície. O metano é mais leve que o ar e altamente inflamável. Se ele entrar em um edifício fechado e a concentração acumular-se até 5 a 15% no ar, uma faísca ou chama pode ocasionar uma grave explosão. Além de ser inflamável, o gás metano liberado na atmosfera contribui grandemente para a diminuição da camada de ozônio e para as mudanças climáticas, uma vez que seu potencial de aquecimento global é aproximadamente 21 vezes superior ao do dióxido de carbono, ao longo de um período de 100 anos<sup>12</sup>.

<sup>11</sup> UNEP, Módulo de Treinamento - Closing an Open Dumpsite and Shifting from Open Dumping to Controlled Dumping and to Sanitary Landfilling, 2005

<sup>12</sup> EPA (EUA), Overview of Greenhouse Gases, 2012 em <http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/ch4.html>

A poluição do solo é outro problema ambiental causado pelos lixões. Os resíduos trazem diferentes metais, que acabam transferidos para as plantas de diferentes maneiras. Dependendo da tendência dos contaminantes, eles acabam chegando à água presente no solo ou lixiviam na água subterrânea. Contaminantes como Cd, Cu, Ni, Pb e Zn podem alterar a química do solo e impactar nos organismos e plantas que dependem do solo para a sua nutrição<sup>13</sup>. Vários estudos mostram que existem riscos graves causados pela disposição de resíduos a céu aberto sobre os ciclos de vida das plantas<sup>14</sup>.

O resíduo depositado em lixões a céu aberto com frequência se torna um criadouro de vermes, moscas e outros potenciais transmissores de doenças contagiosas. Lixões a céu aberto sem uma cobertura diária do solo também se transformam em uma fonte de odores, poeira e particulados.

A queima do resíduo sólido a céu aberto (uma prática comum para diminuir o volume), pode resultar na emissão de substâncias tóxicas no ar em razão da queima de plásticos e de outros materiais. A fumaça tóxica comumente aumenta a concentração de poluentes atmosféricos como óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx), metais pesados (mercúrio, chumbo, crômio, cádmio, etc.), dioxinas e furanos, além de material particulado<sup>15</sup>.

É importante ressaltar que a intensidade dos impactos ambientais causados por um lixão depende de vários fatores específicos do local, tais como:

- Localização
- Condições geológicas e hidrogeológicas
- Clima local
- Flora e fauna local
- Fluxos, composição e quantidade dos resíduos sólidos
- Área coberta pelos resíduos
- Anos de operação
- Controles de engenharia instalados

Os diferentes fluxos de resíduos dispostos nos lixões determinam não somente os impactos ambientais, mas também os impactos à saúde, conforme será discutido no próximo capítulo.

A Figura 3 resume as interações entre um lixão e o meio ambiente.

---

<sup>13</sup> D. Voutsas, A. Grimanis, C. Samara, Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particulate matter, *Environ. Pollut.*, 94 (1996), pp. 325–335

<sup>14</sup> Syeda Maria Ali et al, Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city, *Journal of King Saud University - Science* Volume 26, 1ª Edição, janeiro de 2014, Páginas 59 a 65

<sup>15</sup> Akpofure Rim-Rukeh, An Assessment of the Contribution of Municipal Solid Waste Dump Sites Fire to Atmospheric Pollution, *Open Journal of Air Pollution*, 2014, 3, 53-60





Figura 3: Interações entre um lixão e o meio ambiente

### 3. RISCOS DOS LIXÕES À SAÚDE

#### 3.1 Introdução

Diversos estudos populacionais documentam (cientificamente) que os lixões podem acarretar efeitos graves sobre a saúde e o bem-estar da população<sup>16</sup>. Uma ampla gama de substâncias tóxicas pode ser liberada no meio ambiente, por exemplo: metano, dióxido de carbono, benzeno e cádmio, sendo muitos desses poluentes comprovadamente tóxicos para a saúde humana. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer<sup>17</sup> classifica a exposição ao cádmio e ao benzeno como altamente carcinogênicas para os seres humanos. Os lixões também podem conter compostos altamente perigosos resultantes da produção industrial, como amianto e chumbo. Estudos epidemiológicos anteriores

<sup>16</sup> Carla Guerriero e John Cairns, The potential monetary benefits of reclaiming hazardous waste sites in the Campania region: an economic evaluation, *Environmental Health* 2009, **8**:28 doi:10.1186/1476-069X-8-28

<sup>17</sup> IARC: Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risks to 29. Humans. Beryllium, Cadmium, Mercury and the Glass Manufacturing Industry. Volume 58. Lyon: International Agency for 30. Research on Cancer; 1993.

constatarem que duas consequências para a saúde – câncer e malformações congênitas – estão estatisticamente associadas à exposição aos resíduos nos lixões.

Mas antes de entrarmos em detalhes, destacaremos a estrutura conceitual que descreve os riscos e impactos à saúde associados aos lixões. Compreendê-la é necessário para organizar todos os demais elementos nos seus devidos lugares. Os impactos à saúde associados aos lixões estão diretamente ligados aos tipos de diferentes fluxos de resíduos que são dispostos, e diferentes fluxos de resíduos envolvem diferentes riscos à saúde e à segurança. Além dos resíduos municipais usuais, também serão discutidos os resíduos perigosos, o lixo hospitalar e o lixo eletrônico.

As atividades *in situ* no lixão podem aumentar ou diminuir os riscos à saúde. A coleta e a queima a céu aberto dos resíduos sem nenhum controle, seja para diminuir o volume ou para recuperar metais, são duas das causas mais comuns de riscos à saúde. Também serão abordados os riscos à saúde ocupacional e os impactos sobre os funcionários dos lixões e os catadores informais, visto que este é um problema-chave em grande parte do mundo e é um componente importante da pesquisa contínua.

### 3.2 Estrutura conceitual

Os riscos e impactos à saúde causados pelos lixões estão associados a alguns dos poluentes (ou substâncias perigosas) encontrados nos fluxos de resíduos ou aos poluentes que são criados no ambiente do lixão através de interações físico-químicas.

De um modo geral, os poluentes podem mover-se através do ar, do solo e da água. Também podem chegar a plantas e animais e atingir o ar, a cadeia alimentar e a água.

As diferentes formas pelas quais uma pessoa pode entrar em contato com os poluentes são denominadas vias de exposição. As vias de exposição são, basicamente, três: inalação, ingestão e contato com a pele. Inalação é o ato de respirar ou inalar para os pulmões. Ingestão é a absorção de algo através da boca, ao passo que o contato com a pele ocorre quando esta sofre contato direto com algum elemento. A ingestão também pode ser uma via de exposição secundária depois de o contato com a pele ter ocorrido.

As exposições podem ser agudas ou crônicas. Uma exposição aguda é uma única exposição a uma substância perigosa (poluente) por um período curto. Os sintomas à saúde podem aparecer imediatamente após a exposição; por exemplo, uma queimadura ao ser exposto a um ácido forte, como aquele que vaza de uma pilha elétrica.

A exposição crônica ocorre ao longo de um período de tempo muito mais longo, normalmente com exposições repetidas em pequenas quantidades. Por exemplo,

pessoas que viviam próximas a Love Canal<sup>18</sup>, um lixão com fugas de substâncias perigosas, por vários anos não perceberam os efeitos à saúde causados pela exposição crônica, dado que esses efeitos são tipicamente doenças ou ferimentos que levam um período prolongado para se desenvolverem, tais como câncer, insuficiência hepática ou baixo crescimento e desenvolvimento. Uma razão pela qual a exposição crônica a quantidades, ainda que pequenas, de substâncias perigosas pode causar danos é a bioacumulação. Algumas substâncias são absorvidas e permanecem no corpo humano em vez de serem excretadas. Elas acumulam e, com o tempo, provocam os danos.

Os efeitos adversos à saúde dependem dos fatores da exposição. Alguns fatores que podem determinar se a exposição resultará em efeitos adversos são os seguintes:

- O tipo de poluente;
- A quantidade ou dose (a quantidade ou o nível de poluente ao qual a pessoa fica exposta);
- A duração (quanto tempo durou a exposição), e
- A frequência (por quantas vezes a pessoa ficou exposta).

Consequentemente, todo esforço para associar os lixões com os riscos e impactos à saúde certamente envolverá a avaliação dos seguintes parâmetros<sup>19</sup>:

- Taxa de massa da liberação de poluentes transmitidos por via aquática e aérea.
- Extensão da área contaminada, persistência e transformação dos poluentes e de seus produtos de transformação.
- Concentrações e gradientes dos poluentes que impactem de forma adversa os recursos do ar, da água e do solo.
- Quantidade de pessoas e de populações especialmente sensíveis que podem ser influenciadas pela liberação de poluentes do local.
- Período de tempo total em que ocorre a liberação do poluente.
- Duração da exposição.
- Impactos sinérgicos e antagonistas de outras liberações de poluentes ou condições adversas à saúde que possam deixar uma população exposta mais suscetível a poluentes derivados do local.
- Características do local, como a profundidade do resíduo sólido e o grau de compactação.
- Características dos resíduos aceitas pelo proprietário/operador do local durante a sua vida útil.
- Tamanho do local conforme definido pela quantidade total de resíduo sólido disposto e a extensão da área.

---

<sup>18</sup> Goldman LR et al. (1985). Low birth weight, prematurity and birth defects in children living near the hazardous waste site, Love Canal. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 2:209-223.

<sup>19</sup> Kurian Joseph et al, A decision making tool for dumpsite rehabilitation in developing countries, Proc. Sardinia, Tenth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Itália, outubro de 2005

O processo de avaliação dos riscos e impactos à saúde como um todo causados por um lixão é muito difícil e requer bastante expertise, tempo e recursos financeiros para lidar com a indisponibilidade de dados específicos sobre a relação entre a dose e a resposta de algumas das substâncias químicas em questão, e fazer pressupostos e interpretações.

Para um melhor entendimento do que é mais ou menos requerido, vale destacar o estudo que o PNUMA implementou com relação aos impactos à saúde pública causados pelo lixão de Dandora em Nairóbi, Quênia.<sup>20</sup>

Para a implementação do estudo, amostras de solo e água foram analisadas com o objetivo de determinar o conteúdo e as concentrações de vários poluentes (metais pesados, bifenilos policlorados e pesticidas) que afetam a saúde humana. Amostras de solo do lixão foram comparadas com amostras tiradas de outro local, uma área residencial na periferia de Nairóbi, e um acampamento médico foi montado ao lado do lixão. Um total de 328 crianças e adolescentes que viviam e estudavam adjacentes ao lixão foram examinadas e tratadas de várias doenças. Destes, 40 foram levados para a realização de exames laboratoriais com tomada de amostras de sangue e urina, para avaliar o impacto da exposição aos poluentes ambientais do lixão sobre a saúde humana.

O fluxograma abaixo mostra a ligação entre os poluentes ambientais do lixão e os impactos sobre a saúde pública nas comunidades adjacentes. Este fluxograma é característico de qualquer esforço similar e descreve a estrutura conceitual entre a saúde e os lixões.

---

<sup>20</sup> PNUMA, Environmental Pollution and Impacts on Public Health: Implications of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi, Kenya, 2007

## Fluxograma dos efeitos da poluição ambiental sobre a saúde pública emanada do lixão de Dandora

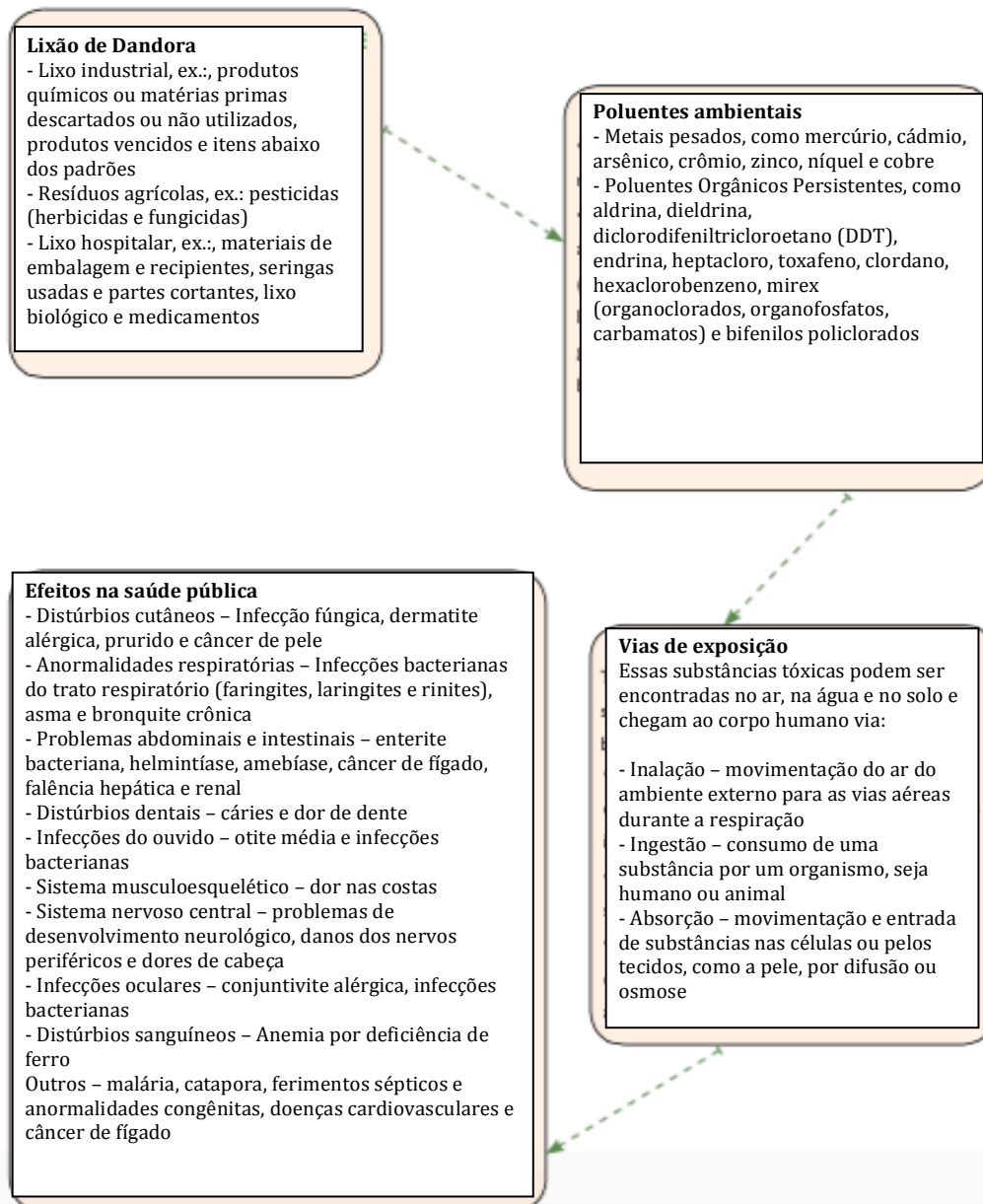


Figura 4: Fluxograma do estudo de Dandora<sup>21</sup>, mostrando a estrutura conceitual para saúde e lixões

Os fluxos de resíduos dispostos em um lixão são um dos mais importantes fatores a determinar os riscos à saúde. Além dos resíduos municipais, também se encontram nos lixões lixo hospitalar, resíduos perigosos e lixo eletrônico. O problema é que, na maioria dos lixões, todos os fluxos de resíduos anteriores estão normalmente presentes em quantidades desconhecidas e com interações praticamente desconhecidas.

<sup>21</sup> PNUMA, Environmental Pollution and Impacts on Public Health: Implications of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi, Kenya, Relatório-síntese, 2007

### 3.3 Resíduos municipais

Os resíduos orgânicos nos lixões são biodegradados e criam condições favoráveis para a sobrevivência e o crescimento de patógenos microbianos. Tais condições podem ser ainda mais favorecidas se os resíduos forem descartados com os patógenos oriundos de fluidos corporais humanos, como fezes, urina, sangue e escarros. Estes são encontrados nos resíduos municipais comuns, em fraldas, absorventes íntimos e nos descartes genéricos de vômito e secreções humanas. Os resíduos orgânicos também são uma fonte de alimento para transmissores de patógenos entéricos tais como insetos, roedores, pássaros e grandes mamíferos silvestres. Subseqüentemente, as emissões difusas para a atmosfera de resíduos sólidos municipais em decomposição biológica e química nos lixões resultam na geração de gases e são consideradas um fator de risco à saúde. A decomposição da fração orgânica nos lixões resulta na geração de gases e contribui para a formação de chorume. Desta forma, as principais fontes de emissões de poluentes de um lixão são as seguintes:

- a. Resíduos quando trazidos para o local, normalmente em veículos pesados;
- b. Emissões pelo transporte e por buldôzers, compactadores, etc.
- c. Resíduos soprados pelo vento quando basculados ou depositados no lixão;
- d. Poeira gerada na superfície do lixão e quando os resíduos são basculados ou descarregados;
- e. Materiais residuais anteriormente depositados no lixão;
- f. Qualquer gás gerado à medida que o resíduo se decompõe (se não coletado e tratado);
- g. Todo chorume produzido à medida que o resíduo se decompõe;
- h. As descargas de todos os processos usados para tratar o chorume (caso haja algum).

Enquanto, nos aterros sanitários modernos, todas essas emissões são eliminadas ou colocadas sob total controle (pelo uso de medidas avançadas de proteção ambiental, como revestimentos, coberturas, sistemas de gestão de biogás e chorume e monitoramento contínuo), nos lixões elas não são controladas, acarretando uma relação real com diversos riscos à saúde.

Os principais poluentes associados aos riscos à saúde nos lixões são os seguintes.

#### *Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)*

POPs, como as dioxinas e os furanos (PCDDs e PCDFs), são compostos orgânicos não-biodegradáveis persistentes produzidos através da queima não-controlada de resíduos, da geração natural de gás metano e da queima de metano em baixa temperatura para a recuperação de metais. Nos seres humanos, os POPs desencadeiam uma resposta biológica que resulta em problemas neurológicos,

imunológicos e reprodutivos<sup>22</sup>, além de serem considerados responsáveis por problemas respiratórios<sup>23</sup> e um maior risco de câncer<sup>24</sup>.

### *Metais pesados*

Os metais pesados podem ser encontrados no chorume, no ar e no solo dos lixões e são produzidos através da queima de plásticos ou da fundição de sucatas e lixo eletrônico. Chumbo, mercúrio, cádmio e arsênico são os principais metais pesados, sendo causadores de danos neurológicos, anemia, insuficiência renal, imunossupressão, irritação gastrointestinal e respiratória, anormalidades do sistema esquelético, inflamação do fígado, câncer de fígado e doenças cardiovasculares devido à exposição crônica<sup>25</sup>.

### *Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs)*

Os compostos orgânicos voláteis são prejudiciais aos seres humanos e contribuem com a poluição por ozônio no nível do solo, também conhecida como smog. A inalação de alguns VOCs pode causar irritação dos olhos, nariz e garganta, dor de cabeça, perda de coordenação, náuseas e danos aos sistemas hepático, renal e nervoso central<sup>26</sup>.

### *Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleados (PAHs)*

Os PAHs são uma classe de compostos formada por dois ou mais anéis aromáticos e são encontrados em lixões<sup>27</sup>. Centenas desses PAHs foram identificadas e descritas como misturas complexas, geradas por combustão incompleta, incêndios florestais e erupções vulcânicas, ou por outras fontes antropogênicas tais como: produção industrial, transporte e incineração de resíduos. Os PAHs são classificados como componentes orgânicos perigosos para o meio ambiente pela Comunidade Europeia (CE) e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) e estão incluídos na lista prioritária de poluentes<sup>28</sup>. Vários PAHs são considerados potenciais carcinogênicos humanos, dentre os quais se encontram o benz[a]antraceno, o criseno, o benzo[b]fluoranteno, o benzo[a]pireno e o benzo[g,h,i]perileno<sup>29</sup>.

---

<sup>22</sup> S.S. White e L.S. Birnbaum, An Overview of the Effects of Dioxins and Dioxin-Like Compounds on Vertebrates, as Documented in Human and Ecological Epidemiology, *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 2009, 27(4), p. 197-211

<sup>23</sup> K.O. Boadi e M. Kuitunen, Environmental and health impacts of household solid waste handling and disposal practices in third world cities: the case of the Accra Metropolitan Area, Ghana, *Journal of environmental health*, 2005. 68(4), p. 32-36

<sup>24</sup> J. Krajcovicova e A.Q. Eschenroeder, Comparative Health Risks of Domestic Waste Combustion in Urban and Rural Slovakia. *Environmental Science & Technology*, 2007, 41(19), p. 6847-6853

<sup>25</sup> Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, *Environmental Pollution and Impacts on Public Health: Implications of the Dandora Municipal Dumping Site in Nairobi, Kenya*, 2007

<sup>26</sup> EPA, *Human Health*, 25 de junho de 2014, em

<http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/backyard/health.htm>, acessado em 22 de janeiro de 2015

<sup>27</sup> J. K. Nduka et al, Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs) and Inorganic Chemical Contaminants at Refuse Dumpsites in Awka, South Eastern Nigeria: A Public Health Implication, *Journal of Scientific Research and Reports*, ISSN: 2320-0227, Vol.: 2, Edição: 1 (Janeiro-junho). P. 173-189, 2013

<sup>28</sup> Guillen MD, Sopelana P, Partearroyo MA. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in commercial liquid flavouring of different composition by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000;48:126-131.

<sup>29</sup> Nieva-Cano MJ, Rubio-Barroso S, Santos-Delgado MJ. Determination of PAH in food samples by HPLC with fluorimetric detection following sonication extraction without sample clean-up. *The Analyst*. 2001;126:1326-1331.

### *Sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S)*

O sulfeto de hidrogênio é um gás incolor e inflamável com cheiro característico de ovo podre, produzido nos lixões quando materiais com alta concentração de sulfatos (como gesso e gesso cartonado) são misturados aos resíduos biodegradáveis. A composição do material residual e as práticas adotadas no local determinam a quantidade de H<sub>2</sub>S produzido. Em baixas concentrações, o H<sub>2</sub>S pode irritar as membranas mucosas dos olhos e do trato respiratório. A exposição a concentrações elevadas causa depressão do sistema nervoso central, perda de consciência e parada respiratória<sup>30</sup>. Foram relatados outros efeitos sobre a saúde, mas os dados sobre tais efeitos em humanos em razão da exposição repetida são limitados e de difícil interpretação, devido à coexposição com outros produtos químicos.

### *Particulados*

As atividades dos lixões produzem materiais particulados finos e grossos, cuja constituição depende das atividades realizadas no local e dos tipos de resíduos que estão sendo manuseados<sup>31</sup>. A exposição a partículas que podem entrar no sistema respiratório está associada com diversos efeitos adversos sobre a saúde. Partículas com mais de 10µm de diâmetro (material particulado, PM<sub>10</sub>) dificilmente penetram além do nariz e da laringe, mas, se o diâmetro for menor, aumenta a probabilidade de estas partículas entrarem nos pulmões e ficarem depositadas nas vias aéreas. Partículas com menos de 2,5 µm de diâmetro (PM<sub>2.5</sub>) são consideradas “finas” e se depositam com relativa eficiência nas partes mais profundas do pulmão – por exemplo, nos espaços alveolares. Partículas entre 2,5 e 10 µm compõem a fração “grossa” do PM<sub>10</sub> e também podem ter efeitos na saúde. A poeira emitida pelos lixões inclui partículas que caem entre as categorias PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>. Pessoas com doenças cardiorrespiratórias preexistentes, idosos e crianças são particularmente sensíveis à poluição atmosférica por materiais particulados.

Através de diferentes mecanismos, a poeira dos lixões pode ser transmitida pelo ar para fora do local. A quantidade de poeira levantada da superfície do lixão depende da velocidade do vento, das condições da superfície e do tamanho das partículas de poeira. A distância percorrida pelas emissões de poeira depende do tamanho da partícula e da velocidade e turbulência do vento. Partículas menores permanecem no ar por mais tempo e se dispersam por uma área maior. Ventos fortes e turbulentos também mantêm partículas maiores por mais tempo no ar.

### *Odores*

Odores são frequentemente um problema sério dos lixões, principalmente daqueles que recebem lixo biodegradável. Normalmente, os odores estão associados a atividades como manuseio de resíduos odoríferos e cobertura de resíduos biodegradáveis, ou à presença de componentes-traço no gás ou no chorume. As emissões odoríferas são frequentemente acompanhadas por relatos de problemas de saúde nas comunidades<sup>32</sup>. Indivíduos podem relatar um amplo espectro de

---

<sup>30</sup> HPA (Agência de Proteção à Saúde), Compendium of Chemical Hazards. Hydrogen Sulphide. Em [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1246260029655](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1246260029655), 2009

<sup>31</sup> HPA (Agência de Proteção à Saúde), Impact on health of emissions of landfill sites, 2011

<sup>32</sup> Steinheider B, Environmental odours and somatic complaints. Zentralblatt für Hygiene und



sintomas inespecíficos, como náuseas, dor de cabeça, tontura, fadiga e problemas respiratórios, atribuindo-os à exposição a odores. Os sintomas relatados em associação com as emissões odoríferas podem crescer até concentrações detectáveis pelo olfato muito abaixo dos níveis associados aos efeitos tóxicos ou limites para irritação de mucosas. As respostas dos indivíduos aos odores são altamente variáveis e influenciadas por diversos fatores, como sensibilidade, idade e exposição anterior. Fatores psicológicos e sociais, além do nível de preocupação do indivíduo com o potencial dano à sua saúde, também têm um papel importante na resposta da pessoa. Estudos publicados mostram uma correlação entre a percepção de um odor incômodo e sintomas subjetivos<sup>33</sup>.

### *Chorume*

A natureza do chorume dos aterros se dá em função dos tipos de resíduos, da solubilidade, do estado da decomposição e da degradação. Precipitações chuvosas, ao molharem os resíduos, ajudam no processo de degradação mas também podem diluir e escoar os contaminantes. Um vasto conjunto de substâncias pode estar presente no chorume, sendo que algumas são potencialmente danosas à saúde humana. A Tabela 2 apresenta as substâncias mais importantes do chorume associadas com os riscos à saúde.

**Tabela 2: Substâncias do chorume associadas a riscos à saúde**

<b>TABELA 3 – Substâncias predominantes no chorume de aterros (extraído de EA, 2010a)</b>		
Anilina	Fluoreto	Compostos organoestânicos
Arsênico	Mecoprop	Pentaclorofenol
Bifenilo	Ácido cloro metilfenóxi acético	Fenóis
Cianeto	Éter metil terc-butílico	Fósforos
Di(2-etilhexil)ftalato	Naftaleno	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
Diclorometano	Nitrogênio	Tolueno
Etilbenzeno	Nonilfenol	Xilenos

Na verdade, os riscos à saúde desencadeados pelo chorume demonstram a enorme diferença entre um lixão e um aterro moderno. Todo aterro moderno está situado em um local apropriado e passa por um Estudo de Impacto Ambiental que leva em conta a vulnerabilidade do ambiente. Em um aterro moderno, o chorume é descartado após passar por tratamento no local e/ou numa estação de tratamento externa. Os revestimentos nos aterros modernos também são bastante eficientes na contenção do chorume, liberando uma quantidade muito pequena no solo ou nos lençóis freáticos. Além disso, os aterros modernos impõem procedimentos de monitoramento contínuo que identificam fugas tão logo elas acontecem. Por todos esses motivos, é possível registrar que é improvável que a liberação de chorume na superfície ou no lençol freático cause risco de efeitos adversos significativos à saúde<sup>34</sup>.

Por outro lado, as liberações de chorume pelos lixões não são controladas e a poluição de superfícies e lençóis freáticos deve ser considerada uma consequência praticamente certa da operação dos lixões. Considerando que os lixões são estabelecidos sem nenhum procedimento adequado que considere a vulnerabilidade

Umweltmedizin [International Journal of Hygiene and Environmental Medicine], **202**, 101-19, 1999

<sup>33</sup> Dalton P., Upper airway irritation, odour perception and health risk due to airborne chemicals. *Toxicol Lett*, 140-141, 239-48, 2003

<sup>34</sup> EA (Agência Ambiental), Updating the Landfill Leachate Pollution Inventory Tool. Relatório Técnico de P&D No. PI-496/TR(2). Shrewsbury, Enviro Consulting Ltd., 2003

ambiental, não surpreende que a grave poluição das superfícies e dos lençóis freáticos seja a regra dos lixões<sup>35, 36</sup>.

### *Biogás*

A formação de biogás nos lixões pode acarretar explosões. Vários acidentes do tipo foram relatados, alguns deles fatais (ver parágrafo relevante). Dióxido de carbono e metano são os dois principais componentes do biogás, e os efeitos da exposição a esses componentes são altamente conhecidos.

Ambos os gases são inodoros e incolores, e agem como asfixiantes. O dióxido de carbono não é inflamável e, em baixas concentrações ou baixos níveis de exposição, aumentam os níveis de respiração, pressão sanguínea e pulsação<sup>37</sup>. Em concentrações maiores, ocorre uma fase depressiva que pode culminar em parada cardiorrespiratória. Concentrações acima de 6% por volume podem causar dor de cabeça, tontura, confusão mental, palpitações, aumento da pressão sanguínea, dificuldade de respiração e depressão do sistema nervoso. Ao respirar um ar contendo mis de 10% de dióxido de carbono, o ser humano perde a consciência.

Em contraste com o dióxido de carbono, o metano é um gás inflamável, explosivo em concentrações entre 5 e 15% por volume no ar. A inalação pode causar náuseas, vômito, dor de cabeça e perda de coordenação. Em concentrações muito elevadas, pode levar ao coma e à morte por parada respiratória<sup>38</sup>.

Além disso, os resíduos municipais normalmente incluem quantidades limitadas de substâncias perigosas tais como:

- Produtos químicos (pesticidas, produtos de jardinagem, baterias, alvejantes, tintas e vernizes, produtos de limpeza)
- Produtos biológicos (excretos humanos, resíduos verdes, infestações animais, carcaças de animais mortos, excretos animais, agulhas e seringas usadas, drogas, etc.)

Os riscos à saúde por essas substâncias perigosas ocorre em um lixão através das seguintes vias (tanto para os funcionários como para os catadores informais)<sup>39</sup>:

- Contato com a pele, especialmente por meio de cortes e abrasões ou contato com a mucosa do olho;
- Penetração na pele através de ferimentos por objetos contundentes;
- Ingestão pelo contato mão-à-boca (normalmente ao comer, beber ou fumar);
- Respiração de aerossóis/gotículas infecciosos provenientes do ar.
- Itens afiados, como vidros quebrados e latas, podem aumentar o risco de exposição.

---

<sup>35</sup> David, O. M., e Oluyeye, A. O , Effect of Open Refuse Dumpsite on the Quality of Underground Water Used for Domestic Purposes in Ado-Ekiti, Nigeria - A Public Health Awareness Study, Journal of Environment and Ecology, Vol. 5, No. 2, ISSN 2157-6092 2014

<sup>36</sup> Glenn Sia Su, Water-borne illness from contaminated drinking water sources in close proximity to a dumpsite in Payatas, The Philippines, Journal of Rural and Tropical Public Health 4: 43-48, 2005

<sup>37</sup> HPA (Agência de Proteção à Saúde), Carbon Dioxide. Incident Management. Available at [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1279889001588](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1279889001588) , 2010

<sup>38</sup> HPA (Agência de Proteção à Saúde), Compendium of Chemical Hazards. Methane. Available at [http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb\\_C/1287147970726](http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1287147970726) , 2009

<sup>39</sup> HSE, Health and hazardous substances in waste and recycling, UK, 2014

### 3.4 Resíduos perigosos

Os resíduos perigosos depositados nos lixões são uma ameaça real às vidas dos trabalhadores e dos moradores próximos. Segundo a OMS, as exposições ambientais contribuem com 19% da incidência de câncer em todo o mundo. Além disso, um relatório da OMS sobre os riscos à saúde no mundo analisou cinco exposições ambientais (má qualidade de água, saneamento e higiene, poluição do ar urbano externo, fumaça por combustíveis sólidos em ambientes internos, exposição a chumbo e mudança climática) e estimou que estas sejam responsáveis por cerca de 10% das mortes e doenças no planeta, e por cerca de 1/4 das mortes e doenças em crianças até cinco anos de idade<sup>40</sup>.

Resíduos perigosos são subprodutos das atividades humanas que podem causar danos significativos à saúde ou ao meio ambiente se não forem devidamente manejados. Por exemplo, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) classifica materiais descartados líquidos, sólidos e gasosos como perigosos se forem venenosos (tóxicos), inflamáveis, corrosivos ou quimicamente reativos em níveis acima de limites de segurança estabelecidos. O termo “resíduos perigosos” se refere geralmente a compostos químicos potencialmente perigosos ou poluentes, e a outros subprodutos potencialmente perigosos de natureza industrial, militar, agrícola e municipal, incluindo contaminantes biológicos.

A manufatura de produtos químicos, produção de metais primários, fabricação de metais e processamento de petróleo são alguns dos geradores de resíduos industriais perigosos mais comuns. Entretanto, produtos químicos perigosos são gerados por empresas de todos os tamanhos. A USA EPA, por exemplo, lista atualmente mais de 250.000 instalações como “geradores de pequenas quantidades” de resíduos perigosos. Esses pequenos e diversos produtores respondem por aproximadamente 10% das substâncias potencialmente perigosas produzidas a cada ano.

Pesticidas obsoletos, armazenados em tambores com vazamento ou em bolsas rasgadas, podem afetar direta ou indiretamente a saúde de qualquer pessoa que entre em contato com eles. Durante chuvas fortes, os pesticidas que vazam podem infiltrar-se no solo e contaminar o lençol freático. Envenenamento pode ocorrer por contato direto com o produto, inalação de vapores, ao beber água ou comer alimentos que estejam contaminados. Outros riscos são a possibilidade de incêndio e contaminação como resultado da disposição inadequada, como a queima ou o enterramento. Resíduos químicos descartados no sistema de esgoto podem ter efeitos adversos na operação das plantas de tratamento de esgoto ou causar efeitos tóxicos nos ecossistemas naturais das águas que os receberem.

Outro resíduo perigoso comum é o amianto, um elemento diretamente vinculado a graves impactos sobre a saúde. O termo amianto se refere a uma família de minerais fibrosos encontrados no mundo inteiro. Quando essas fibras se rompem e são transportadas pelo ar, tornam-se nocivas à saúde se inaladas. A exposição ao amianto está associada com determinados tipos de câncer pulmonar, e a exposição ocupacional por um longo período pode causar a doença pulmonar

---

<sup>40</sup> OMS, Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks.”, 2009.

conhecida pelo nome de asbestose. No passado, o amianto foi usado em diversos produtos residenciais e em materiais de construção, devido a sua resistência ao calor e a suas propriedades estruturais. Como resultado, muito do resíduo de amianto que ocorre hoje em dia é produzido por projetos de reforma e demolição de edifícios.

Um recente relatório do Blacksmith Institute<sup>41</sup> estima que os lixões que recebem resíduos perigosos de origem industrial e municipal estão em quinto lugar dentre as principais fontes de poluição industrial. Em primeiro e segundo lugares, respectivamente, estão a reciclagem de baterias de chumbo e a fundição de baterias. Na base de dados do Blacksmith Institute se encontram aproximadamente 150 lixões industriais ou municipais que estão poluindo comunidades locais e colocando quase 3,5 milhões de pessoas sob risco potencial. As maiores quantidades desses lixões estão em países da África, do Leste Europeu e do Norte da Ásia. Entretanto, lixões industriais e municipais predominam em todo o mundo em desenvolvimento, como nas Américas Central e do Sul e no Sudeste Asiático.

Nos aterros que manejam adequadamente os resíduos sólidos urbanos, materiais perigosos considerados carcinogênicos, tóxicos, corrosivos, ou inflamáveis não são aceitos, sendo levados a tratamento especial ou a locais de descarte específicos<sup>42</sup>. Nas instalações informais ou geridas inadequadamente, todos esses itens são descartados juntos, criando uma sopa tóxica de resíduos que fica exposta ao calor, à chuva e ao ar, causando a decomposição dos materiais e fácil penetração no meio ambiente. O resíduo industrial é um dos resíduos mais tóxicos nos lixões e constitui uma grande parcela do problema da poluição nos lixões investigados pelo Blacksmith.

As principais fontes de poluentes dos lixões são chorume (líquidos contaminados que lixiviam para o lençol freático), poeira de lixões mal cobertos e gases. O chorume pode conter metais pesados, VOCs ou compostos orgânicos perigosos, que são carreados para os aquíferos ou para águas superficiais. A poeira gerada nos lixões pode conter metais e patógenos humanos que entram em contato com essa poluição através do lençol freático e do solo contaminados, ou por contato direto com o local onde estão os resíduos.

Com frequência, crianças são vistas brincando no entorno ou dentro de lixões e se expõem diretamente aos resíduos perigosos por meio de contato com a pele, inalação de poeira ou ingestão acidental. Comunidades informais frequentemente são construídas no topo de antigos lixões, sob as quais o solo, o lençol freático e as águas superficiais próximas estão contaminados, expondo indiretamente a população local aos poluentes lixiviados. Um problema notável nos lixões dos países em desenvolvimento é a presença de catadores –

---

<sup>41</sup> BLACKSMITH INSTITUTE, *The World's Worst Pollution Problems: Assessing Health Risks at Hazardous Waste Sites*, 2012

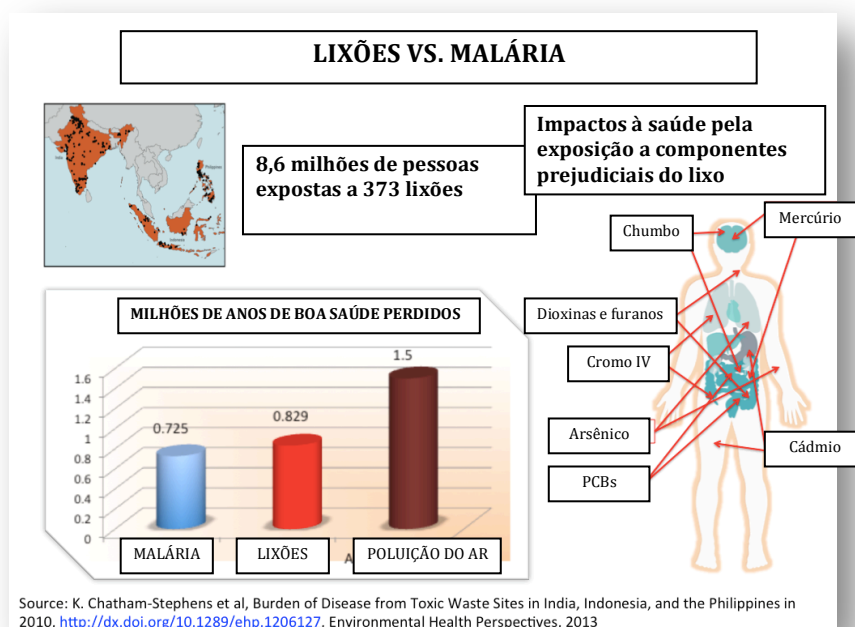
<sup>42</sup> Allen, A.R., Taylor, R. 'Waste disposal and landfill: Control and protection.' *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources*, Série de monografias da OMS sobre qualidade da água potável, IWA Publishing. 2006.

trabalhadores e suas famílias – nos lixões, os quais ganham a vida coletando materiais economicamente valiosos no meio do lixo. Nessas situações, as pessoas entram em contato direto com os resíduos perigosos.

Na base de dados de lixões industriais ou municipais do Blacksmith Institute, os poluentes mais difundidos e perigosos são o chumbo e o crômio. Combinados, eles são os principais poluentes em 1/3 dos locais e afetam potencialmente quase 1,2 milhão de pessoas. Os impactos desses poluentes na saúde incluem câncer de pulmão, problemas neurológicos e doenças cardiovasculares. Outros poluentes encontrados na base de dados são o cádmio, vários tipos de pesticidas, arsênico e VOCs.

Pesquisadores analisaram 373 locais de disposição de resíduos tóxicos na Índia, na Indonésia e nas Filipinas, nos quais se estima que existam 8,6 milhões de pessoas sob risco de exposição a chumbo, amianto, crômio hexavalente, e outros materiais perigosos. Dentre essa população sob risco, as exposições podem causar uma perda de aproximadamente 829 mil anos de boa saúde em razão de doenças, deficiências e morte prematura<sup>43</sup>. A título de comparação, a malária nesses países, cuja população combinada chega a 1,6 bilhão de pessoas, causa a perda de 725 mil anos de boa saúde, enquanto eventos de poluição atmosférica externa causam a perda de quase 1,5 milhão de anos de boa saúde, segundo os cálculos da Organização Mundial da Saúde. Esta é uma descoberta verdadeiramente chocante: aparentemente, lixões acarretam muito mais riscos à saúde do que a malária, pelo menos para os 1,6 bilhão de pessoas na Índia, Indonésia e Filipinas.

Figura 5: Lixões vs Malária como fator de risco à saúde na Índia, Indonésia e Filipinas<sup>44</sup>



<sup>43</sup> K. Chatham-Stephens et al, Burden of Disease from Toxic Waste Sites in India, Indonesia, and the Philippines in 2010, <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1206127>, Environmental Health Perspectives, 2013

### 3.5 Lixo hospitalar

O lixo hospitalar (RSS) é normalmente encontrado em quase todos os lixões dos países em desenvolvimento. Instalações de saúde, laboratórios de pesquisa microbiológica, laboratórios de diagnósticos, empresas farmacêuticas e funerárias sempre geram uma grande variedade de componentes residuais com potencial de transmissão de agentes infecciosos aos seres humanos. Estes incluem materiais descartados ou equipamentos usados no diagnóstico, tratamento e prevenção de doenças, avaliação de condições de saúde ou para fins de identificação, que entraram em contato com sangue e seus derivados, fluidos, fluidos ou excretas de tecidos, ou resíduos de enfermarias.

Os elementos típicos dos RSS são os seguintes:

- Culturas e estoques de agentes infecciosos e componentes biológicos associados, tais como: culturas e estoques de agentes infecciosos gerados em laboratórios químicos ou de pesquisa; resíduos da produção de componentes biológicos como vacinas, antígenos, antitoxinas e soros.
- Resíduos patológicos, incluindo tecidos, órgãos e partes do corpo; fluidos corporais removidos durante cirurgias, autópsias ou outros procedimentos médicos; espécimes de fluidos corporais.
- Sangue e seus derivados, incluindo sangue humano líquido descartado; componentes descartados do sangue (como soro e plasma); recipientes com sangue ou componentes sanguíneos em fluxo livre.
- Itens ou materiais contaminados com sangue ou produtos sanguíneos.
- Objetos perfurantes oriundos de instalações de saúde, pesquisa, laboratórios químicos e bancos de sangue, incluindo, sem limitações, agulhas e seringas, bisturis, e itens de vidro quebrados ou não, os quais estiveram em contato com sangue ou seus derivados.
- Resíduos animais como carcaças, partes de corpos, fluidos corporais, sangue originado de animais de clínicas veterinárias ou de institutos de pesquisa.

Os componentes perigosos dos RSS acarretam riscos físicos, químicos, radiológicos e/ou microbiológicos ao público ou àqueles envolvidos no seu manuseio, tratamento e descarte. Na maioria dos casos, a concentração de produtos químicos perigosos presentes nos RSS é geralmente baixa demais para ser considerada um problema ocupacional ou um perigo para o público.

Os ferimentos físicos causados por objetos cortantes descartados são um risco mais significativo relacionado aos RSS e podem contribuir diretamente para a transmissão de agentes microbianos e infecciosos. Adicionalmente, podem ocorrer riscos à saúde através da liberação de poluentes tóxicos durante a queima a céu aberto ou em incêndios acidentais<sup>44</sup>.

A causa mais comum e mais investigada dos riscos microbiológicos associados aos RSS são os ferimentos causados por agulhas. Outros resíduos cortantes

---

<sup>44</sup> OMS, Review of Health Impacts from Microbiological Hazards in Health-Care Wastes, 2004

apresentam riscos similares, por exemplo, objetos de vidro e plástico utilizados em laboratórios clínicos e de anatomia, sistemas de coleta de sangue para obtenção de espécimes, e bisturis usados em procedimentos cirúrgicos. Tais objetos podem ter tido contato com patógenos microbianos. Ainda mais importante, objetos cortantes podem causar ferimentos percutâneos e criar uma porta de entrada para agentes infecciosos no corpo. Este último é um dos cinco elementos essenciais da aquisição de infecções microbianas.

A maioria das exposições aos riscos biológicos derivados dos lixo hospitalar ocorre quando trabalhadores ou catadores informais tentam recuperar elementos úteis, como metais. Os trabalhadores podem ficar expostos ao sangue e aos fluidos corporais de recipientes que estejam vazando, bem como aos patógenos transmitidos pelo ar quando o resíduo chega ao lixão.

Os componentes do lixo hospitalar podem criar também riscos biológicos como uma fonte de aerossóis infecciosos, isto é, gotículas de menos de 1 a 3 microns de diâmetro, contendo agentes etiológicos de doenças humanas e animais. As culturas e estoques de laboratórios clínicos contêm altas concentrações<sup>45</sup> de diversos agentes infecciosos, como o *Mycobacterium tuberculosis*, que é naturalmente transmitido aos hospedeiros através da inalação, ainda que, geralmente, todos os resíduos laboratoriais infecciosos sejam tratados na origem. Tecidos, órgãos e partes corporais de origem humana e animal também são reputados na literatura científica como fontes de aerossóis infecciosos. Finalmente, materiais usados para fazer camas de animais, saturados com fluidos corporais, sangue e excrementos, podem gerar aerossóis, que são um potencial risco microbiológico.

Sangue e seus derivados, assim como diversos tipos de fluidos corporais, podem transmitir patógenos<sup>46</sup> quando colocados em contato direto com as mucosas bucal e nasal, os olhos e áreas da pele onde existam cortes e abrasões.

Deve-se observar também que muitos dos produtos químicos e farmacêuticos utilizados em estabelecimentos de saúde são perigosos<sup>47</sup> (tóxicos, genotóxicos, corrosivos, inflamáveis, reativos, explosivos, sensíveis a choques). Essas substâncias se fazem normalmente presentes em pequenas quantidades no lixo hospitalar; quantidades maiores podem ser encontradas quando produtos químicos indesejados ou com data de vencimento expirada são descartados. Podem causar intoxicação por exposição aguda ou crônica e ferimentos, inclusive queimaduras. Intoxicação pode ocorrer devido a absorção de produtos químicos ou farmacêuticos através da pele ou mucosas, ou por inalação ou ingestão. Ferimentos na pele, nos olhos ou nas mucosas das vias aéreas podem ser causados pelo contato com substâncias químicas inflamáveis, corrosivas ou reativas (ex. por formaldeído ou outras substâncias voláteis).

---

<sup>45</sup> Weber, AM, Boudereau, Y, Mortimer VD. Health hazard evaluation report 98-0027-2709, Stericycle, Inc, Morton, Washington. Cincinnati, National Institute for Occupational Safety and Health, 1999.

<sup>46</sup> Leese KE et al, Assessment of blood-splash exposures of medical-waste treatment workers. *Enviro Health*, janeiro/fevereiro de 1999, 8-11.

<sup>47</sup> OMS, Safe management of wastes from health-care activities, Capítulo 3 - Health impacts of health-care waste

Queimaduras são os ferimentos mais comuns. Desinfetantes são produtos particularmente importantes deste grupo: são usados em grandes quantidades e são, frequentemente, corrosivos. Também vale observar que reações químicas podem gerar compostos secundários altamente tóxicos.

### 3.6 Lixo eletrônico

Lixo eletrônico é o termo que descreve resíduos de produtos eletrônicos, como computadores, televisores e telefones celulares. Os REEE (resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos) também incluem artigos tradicionalmente não eletrônicos, como refrigeradores e fornos. Em razão de sua curta vida útil, computadores e telefones celulares são desproporcionalmente abundantes. Componentes de equipamentos eletroeletrônicos, como baterias, placas de circuitos, tubos de raios catódicos e capacitores de chumbo também são classificados como lixo eletrônico.

Segundo as mais recentes estatísticas da iniciativa STEP (Solving The E-waste Problem) (<http://www.step-initiative.org/overview-world.html>), 42 milhões de toneladas de lixo eletrônico foram geradas em 2014.

O lixo eletrônico é química e fisicamente distinto de outras formas de resíduos municipais ou industriais, pois pode conter materiais valiosos mas também perigosos, que exigem métodos de manuseio e reciclagem especiais para evitar a contaminação do meio ambiente e os efeitos danosos para a saúde humana. A reciclagem consegue recuperar componentes reutilizáveis e materiais básicos. No entanto, a ausência de instalações especializadas, o alto custo da mão-de-obra e as severas normas ambientais levam os países ricos a não reciclar o lixo eletrônico. Ao invés disso, este material tem sido comumente exportado para países pobres, onde poderá ser reciclado através de técnicas primitivas e pouca consideração com a segurança dos trabalhadores e a proteção ambiental.

A composição química do lixo eletrônico varia de acordo com a idade e o tipo de item descartado. No entanto, a maior parte desse lixo é formada por uma mistura de metais, principalmente Cu, Al e Fe, os quais são agregados a, revestidos por, ou misturados a diversos tipos de plásticos e cerâmicas. Os REEE de menor porte como os notebooks e celulares, podem conter elevadas concentrações de retardantes de chama e metais pesados.

Praticamente todos os tipos de lixo eletrônico contêm algum componente ou material básico de valor, principalmente o cobre (Cu). Do ponto de vista ambiental, isto tem importância devido ao incentivo à reciclagem, o que ocorre predominantemente nos países pobres, e pode resultar em riscos à saúde humana ou em poluição ambiental. Os metais do grupo da platina são incluídos nos materiais de contato elétrico devido à sua elevada estabilidade química e condutividade elétrica. As concentrações de metais preciosos nas placas de circuitos impressos são dez vezes mais altas do que a dos minerais explorados comercialmente<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> Betts K., Producing usable materials from e-waste. Environ Sci Technol 2008a; 42:6782-3.



As concentrações de contaminantes ambientais encontrados no lixo eletrônico dependem do tipo de item descartado e do tempo em que o item foi produzido. A Tabela 3<sup>49</sup> mostra os potenciais contaminantes ambientais associados com o lixo eletrônico, bem como as suas concentrações típicas. Alguns contaminantes, como os metais pesados, são utilizados na fabricação de itens eletrônicos, enquanto outros, por exemplo os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), são gerados pela combustão do lixo eletrônico em baixas temperaturas. A queima de fios isolados gera 100 vezes mais dioxinas do que a queima do lixo doméstico<sup>50</sup>.

**Tabela 3: Contaminantes ambientais e suas concentrações típicas no lixo eletrônico<sup>48</sup>**

Contaminante	Relação com o lixo eletrônico	Concentração típica do lixo eletrônico (mg/kg) <sup>a</sup>
Éteres difenil-polibromados (PBDE), bifenis polibromados (PBBs), tetrabromobifenol-A (TBBPA)	Retardantes de chama	
Bifenis policlorados (PCB)	Condensadores, transformadores	14
Clorofluorcarbono (CFC)	Refrigeradores, espuma isolante	
Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs)	Produto de combustão	
Hidrocarbonetos aromáticos polialogenados (PHAHS)	Produto de combustão em baixa temperatura	
Dibenzo-p-dioxinas policromadas (PCDFs)	Produto de combustão de PVCs e outros plásticos em baixa temperatura	
Americío (Am)	Detectores de fumaça	
Antimônio	Retardantes de chama, plásticos (Ernst et al., (2003))	1700
Arsênio (As)	Material dopante para Si	
Bário (Ba)	Getters em tubos de raios catódicos (CRTs)	
Berílio (Be)	Retificadores controlados por sílica	
Cádmio (Cd)	Baterias, toners, plásticos	180
Crômio (Cr)	Fitas de dados e disquetes	9900
Cobre (Cu)	Cabos	41.000
Gálio (Ga)	Semicondutores	
Iridio (Ir)	Telas de LCD	
Chumbo (Pb)	Soldas (Kang e Schoenung, (2005)), CRTs, baterias	2900
Lítio (Li)	Baterias	
Mercúrio (Hg)	Lâmpadas fluorescentes, baterias, interruptores	0,68
Níquel (Ni)	Baterias	10.300
Selênio (Se)	Retificadores	
Prata (Ag)	Cabos, interruptores	
Estanho (Sn)	Soldas (Kang e Schoenung, (2005)), telas de LCD	2400 5100
Zinco (Zn)		
Terras raras	Telas CRT	

Ainda que a reciclagem seja capaz de remover alguns desses contaminantes, grandes quantidades ainda podem acabar concentradas em aterros ou em centros de reciclagem de lixo eletrônico, podendo afetar de maneira adversa a saúde humana e o meio ambiente.

Os éteres difenil-polibromados (PBDEs) são retardantes de chama que são misturados aos plásticos e componentes. Não existem ligações químicas entre os PBDEs e os plásticos e, dessa forma, eles podem lixiviar da superfície dos componentes do lixo eletrônico para o meio ambiente<sup>51</sup>. Os PBDEs são lipofílicos, o que resulta em bioacumulação nos organismos e biomagnificação nas cadeias alimentares. Também possuem propriedades endócrino-disruptoras<sup>52</sup>.

<sup>49</sup> Brett H. Robinson, E-waste: An assessment of global production and environmental impacts, *Science of the Total Environment* 408 (2009) 183–191

<sup>50</sup> Gullett BK, Linak WP, Touati A, Wasson SJ, Gatica S, King CJ. Characterization of air emissions and residual ash from open burning of electronic wastes during simulated rudimentary recycling operations. *J Mater Cycl Waste Manag* 2007;9:69–79.

<sup>51</sup> Deng WJ, Zheng JS, Bi XH, Fu JM, Wong MH. Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste-recycling site compared with Guangzhou and Hong Kong, South China. *Environ Int* 2007;33:1063–9.

<sup>52</sup> Tseng LH, Li MH, Tsai SS, Lee CW, Pan MH, Yao WJ, et al. Developmental exposure to decabromodiphenyl ether (PBDE 209): Effects on thyroid hormone and hepatic enzyme activity in male mouse offspring. *Chemosphere* 2008;70:640–7.

Refrigeradores, freezers e aparelhos de ar-condicionado obsoletos contêm clorofluorcarbonos (CFCs) que destroem a camada de ozônio. Esses gases podem escapar dos aparelhos descartados nos aterros.

A poeira é um meio ambiental significativo que pode dar informações sobre o nível, a distribuição e o destino dos contaminantes presentes no ambiente da superfície. Por exemplo, recentes estudos comprovaram a existência de concentrações elevadas de metais pesados <sup>53</sup> e de substâncias tóxicas persistentes em crianças e trabalhadores em ambientes com a presença de lixo eletrônico, respectivamente, na cidade de Guiyu, China.

Os poluentes relacionados ao lixo eletrônico são liberados na forma de mistura, e os efeitos da exposição a um componente ou elemento específico não podem ser considerados de maneira isolada. Entretanto, faz-se necessário um entendimento mais complexo das interações entre os componentes químicos do lixo eletrônico. A exposição ao lixo eletrônico é um processo complexo, no qual as vias e fontes de exposição, os diferentes tempos de exposição e os possíveis efeitos inibidores, sinérgicos ou aditivos decorrentes de muitas exposições são todos importantes variáveis. A exposição ao lixo eletrônico por si só é uma variável única e as exposições implicadas devem ser consideradas como um todo. As fontes de exposição ao lixo eletrônico podem ser classificadas em três setores: reciclagem informal, reciclagem formal e exposição a componentes perigosos do lixo eletrônico remanescentes no ambiente (ou seja, exposição ambiental).

As vias de exposição podem variar de acordo com a substância e o processo de reciclagem informal. A Tabela 4<sup>54</sup> apresenta as vias de exposição de acordo com os poluentes e os componentes do lixo eletrônico. Geralmente, a exposição aos componentes perigosos do lixo eletrônico ocorrerá mais provavelmente por meio de inalação, ingestão e contato com a pele. Além da exposição ocupacional direta (formal ou informal), pessoas podem entrar em contato com materiais do lixo eletrônico e seus poluentes associados através do contato com solo, poeira, ar, água e fontes alimentares contaminados, inclusive a carne. Crianças, fetos, mulheres gestantes, idosos, portadores de deficiências, trabalhadores no setor informal de reciclagem e outras populações vulneráveis enfrentam riscos adicionais devido à exposição.

As crianças constituem um grupo particularmente sensível em razão de vias adicionais de exposição (como amamentação e exposições placentárias), comportamentos de risco (como o ato de levar a mão à boca nos primeiros anos de vida e o ato de assumir riscos na adolescência) e as alterações fisiológicas (por exemplo, grandes ingestas de ar, água e alimentos com baixas taxas de eliminação de toxinas).

---

<sup>53</sup> Huo, X.; Peng, L.; Xu, X. J.; Zheng, L. K.; Qiu, B.; Qi, Z. L.; Zhang, B.; Han, D.; Piao, Z. X. Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *Environ. Health Perspect.* 2007, 15, 1113–1117.

<sup>54</sup> Kristen Grant, Fiona C Goldizen, Peter D Sly, Marie-Noel Brune, Maria Neira, Martin van den Berg, Rosana E Norman, Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review, *LancetGlobHealth* 2013; 1: e350–61, publicação on-line de 30 de outubro de 2013 [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3)

Filhos de trabalhadores no setor do lixo eletrônico também são contaminados em casa pelas roupas e a pele de seus pais, e pela grande exposição direta se a reciclagem estiver sendo realizada em suas casas.

Em uma pesquisa recente dos riscos à saúde relacionados ao lixo eletrônico, foram analisados 23 estudos epidemiológicos, todos realizados no sudeste da China<sup>54</sup>. O projeto registrou resultados plausíveis associados à exposição ao lixo eletrônico, como alterações na função da tireoide, mudanças na expressão e funções celulares, ocorrências neonatais adversas, mudanças de temperamento e comportamento e diminuição da função pulmonar. Meninos com idades entre 8 e 9 anos que residiam em uma cidade onde se realiza a reciclagem do lixo eletrônico apresentaram uma capacidade vital forçada inferior à exibida por meninos que viviam em uma cidade usada como meio de controle. Também foram relatadas correlações negativas significativas entre as concentrações de crômio no sangue e a capacidade vital forçada de crianças entre 11 e 13 anos de idade. Na maioria dos estudos, os resultados mostraram aumento na ocorrência de abortos espontâneos, natimortos e partos prematuros, além de redução do peso e da altura de recém-nascidos, associados à exposição ao lixo eletrônico. Pessoas que viviam em cidades com atividades de reciclagem de lixo eletrônico ou trabalhavam nessas atividades apresentavam maiores evidências de danos ao DNA do que àquelas que viviam nas cidades de controle.

Em outros estudos<sup>55</sup>, pesquisadores vincularam o lixo eletrônico a efeitos adversos na saúde humana, tais como inflamações e estresse oxidativo, que são precursores de doenças cardiovasculares, danos ao DNA e, possivelmente, câncer.

Embora a toxicologia de vários componentes do lixo eletrônico esteja bem caracterizada, alguns materiais mais novos, como os arsenietos de gálio e irídio encontrados nos semicondutores mais recentes, não são tão bem compreendidos e sua incorporação nos nanomateriais pode aumentar de uma forma não prevista a biodisponibilidade. Crianças e fetos em desenvolvimento podem ficar particularmente vulneráveis às toxinas encontradas no lixo eletrônico, ao passo que estudos epidemiológicos realizados próximos a locais de reciclagem informal do lixo eletrônico indicam um potencial de neurotoxicidade que influi sobre o desenvolvimento. A compreensão dos riscos inerentes ao lixo eletrônico, dos impactos decorrentes de sua disposição e dos perigos da reciclagem informal ou sem critério ajudará a reduzir ou prevenir doenças subsequentes associadas à exposição aos componentes do lixo eletrônico.

### 3.7 Queima a céu aberto

A “queima a céu aberto” dos resíduos é prática usual em muitos lixões como um forma de reduzir o volume os resíduos. A prática da queima a céu aberto acarreta vários efeitos nocivos à saúde pública e ao meio ambiente.

---

<sup>55</sup> Fangxing Yang et al, Comparisons of IL-8, ROS and p53 responses in human lung epithelial cells exposed to two extracts of PM2.5 collected from an e-waste recycling area, China 2011, Environ. Res. Lett. 6 024013 doi:10.1088/1748-9326/6/2/024013

Pesquisas científicas em todo o mundo demonstraram de forma conclusiva que a queima de resíduos nos lixões produz toxinas atmosféricas. Normalmente, a queima acontece em baixas temperaturas (250°C a 700°C) em condições de baixo oxigênio. Nestas condições, hidrocarbonetos, materiais clorados e compostos encontrados em pesticidas produzem uma enorme gama de gases tóxicos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Estes gases contêm dioxinas e furanos, compostos orgânicos voláteis, material particulado (PM), cloreto de hidrogênio (HCl), monóxido de carbono (CO) e óxidos de enxofre e nitrogênio, e liberam metais como antimônio, arsênico, bário, berílio, cádmio, cromo, chumbo, manganês, mercúrio, fósforo e titânio<sup>56</sup>.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos estima<sup>57</sup> que a queima de resíduos mistos seja uma fonte de dioxinas maior do que a combustão do carvão, a fundição de metais ferrosos, a incineração de resíduos perigosos ou as operações de branqueamento de celulose.

A queima de resíduos produz dois tipos de cinza: cinzas de fundo e cinzas suspensas. As cinzas suspensas são constituídas de partículas leves geradas pelo gás de combustão e são carregadas de metais tóxicos, dioxinas e furanos e outros produtos da combustão incompleta, os quais podem percorrer milhares de quilômetros antes de caírem em locais onde haja a presença da cadeia alimentar humana. As emissões geradas pela queima a céu aberto são um problema de saúde pública, por diversos motivos:

- As emissões pela queima a céu aberto são tipicamente liberadas no nível do solo ou próximo a ele, e não através de chaminés altas que ajudariam na dispersão;
- As emissões não são difundidas por igual ao longo do ano; em vez disso, são normalmente pontuais conforme o tempo ou a temporada, além de serem localizadas/regionalizadas;
- As fontes da queima a céu aberto não são pontuais, espalhando-se por grandes áreas;
- É difícil fiscalizar o cumprimento de quaisquer proibições da queima a céu aberto.
- A queima a céu aberto é um fenômeno de combustão transitório que ocorre frequentemente com combustíveis heterogêneos; é difícil atribuir emissões a um único componente do combustível.

Um dos mais nocivos poluentes liberados durante a queima a céu aberto é a dioxina. A dioxina é um conhecido carcinogênico associado a malformações de nascituros. Pode ser inalada diretamente ou depositada no solo, água ou em colheitas, tornando-se parte da cadeia alimentar.

---

<sup>56</sup> Nammari, D.R., Hogland, W., Marques, M., Nimmermark, S. e Moutavtchi, V. (2004) Emissions from a Controlled Fire in Municipal Solid Waste Bales. *Waste Management*, 24, 9-18

<sup>57</sup> Administração de Incêndios dos Estados Unidos (USFA), "Landfill fires, their magnitude, characteristics and mitigation," TriData Corporation, Arlington, Virginia, USFA Tech. Rep. FA-225, 2002.

A queima não controlada de resíduos sólidos municipais (RSU) pode liberar hexaclorobenzeno (HCB) no meio ambiente. Este composto é uma toxina altamente persistente que se degrada lentamente na atmosfera. Acumula-se biologicamente em peixes, animais marinhos, aves, líquens e nos animais que se alimentam de peixes e líquens. O HCB é um provável carcinogênico humano e, com base em estudos realizados em animais, exposições a baixas quantidades de HCB por um longo período podem causar danos a fetos em desenvolvimento, danificar os rins e o fígado, e causar fadiga e irritação cutânea.

O formaldeído é liberado com a queima dos produtos de madeira prensada, tintas, vernizes, tapumes, isolantes de espuma de ureia-formaldeído e fibra de vidro. A exposição ao formaldeído pode resultar em óleos lacrimejantes, sensação de ardência nos olhos e garganta, náuseas, dificuldades respiratórias (tosse, peito congestionado, chiado no peito) e erupções cutâneas. A exposição prolongada ao formaldeído pode causar câncer.

A queima de plásticos ou do policloreto de vinila (PVC) produz o gás cloreto de hidrogênio ou ácido clorídrico, causadores de acúmulo de líquido nos pulmões e de possíveis ulcerações do trato respiratório.

A fumaça visível gerada pela queima é composta de partículas muito pequenas (particulados), as quais contêm poluentes tóxicos. Se inaladas, essas partículas microscópicas podem penetrar profundamente nos pulmões e ali permanecerem por meses ou até mesmo anos. A respiração dos particulados aumenta as chances de infecções respiratórias, pode desencadear crises de asma e causar problemas como tosse, chiado no peito, dor no peito e respiração curta. O monóxido de carbono é um gás incolor e inodoro, gerado pela combustão incompleta dos resíduos. Ele impede que o oxigênio seja absorvido pelo sangue e pelos pulmões, e é especialmente perigoso quando respirado por crianças pequenas cujos sistemas respiratórios ainda não estão desenvolvidos, pessoas idosas e pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares crônicas.

Uma questão particularmente problemática se refere à queima de pneus. Os pneus são feitos de borracha natural extraída da seringueira, borracha sintética de origem petroquímica, negro de fumo, óleos de diluição, aramados de aço, até 17 metais pesados, outros produtos petroquímicos e cloro. Uma comparação dos conteúdos de cloro no carvão e em pneus mostrou que a concentração de cloro dos pneus é 2 a 5 vezes superior aos níveis de cloro encontrados no carvão ocidental. Pneus queimam por um longo tempo, e os subprodutos de sua combustão acabam se acumulando nos arredores. Sabe-se que a queima de pneus emite dioxinas e derivados do benzeno, os quais estão relacionados a dificuldades reprodutivas e câncer nos seres humanos.<sup>58</sup> Ao queimarem, os pneus liberam uma fumaça preta e densa composta de monóxido de carbono, dióxido de enxofre e produtos de butadieno e estireno. Além disso, o fogo em pneus pode ser extremamente difícil de combater e apagar e, por isso, eles

---

<sup>58</sup> Adeolu O. Aderemi, Adebayo A. Otitolaju An Assessment of Landfill Fires and Their Potential Health Effects- A Case Study of a Municipal Solid Waste Landfill in Lagos, Nigeria # IJEP Vol. 2 No. 2. fevereiro de 2012 PP.22-26 [www.ij-ep.org](http://www.ij-ep.org)

queimam sem emitir chama por um longo período. Mesmo depois de apagados, incêndios em pneus podem começar novamente semanas, ou até meses depois. Com isto, há o acúmulo dos subprodutos da combustão em áreas confinadas como, por exemplo, as residências vizinhas, o que cria um risco adicional à saúde. A Tabela 5 mostra as emissões típicas de poluentes pela queima a céu aberto, incluídas na fumaça emitida.

**Tabela 4: Emissões pela queima em lixões e aterros (ng/m<sup>3</sup>)<sup>59</sup>**

Classe	Composto	Queima em aterro controlado	Queima em aterro não controlado
PAHs	Acenafileno	90	60
	Acenafteno	50	30
	Fluoranteno	100	50
	Fenantreno	520	30
	Antraceno	160	85
	Fluoreno	120	180
	Pireno	120	170
	Benzo[a]antraceno	60	60
	Criseno	80	70
	Benzo[b&k]fluoranteno	50	20
	Benzo[a]pireno	20	15
	Indeno[1,2,3-cd]pireno	10	10
	Dibenzo[a,h]antraceno	10	10
	Benzo[g,h,i]perileno	10	10
	Total de PAHs	1480	810
	Total de PCBs	15,5	590

### 3.8 Riscos à saúde ocupacional

Os riscos à saúde ocupacional nos lixões preocupa tanto os trabalhadores como os catadores informais. Na gestão de resíduos sólidos, os riscos à saúde ocupacional podem ser reduzidos ao tornar as tecnologias de gestão de resíduos mais contidas em um local restrito, reduzir emissões de contaminantes, alterar métodos de trabalho, usar roupas protetoras e manter o público e os moradores a uma distância segura das operações. Por exemplo, é possível reduzir enormemente os riscos de infecção respiratória ou resposta alérgica à poeira orgânica se as estações de transbordo e os sistemas de compostagem e reciclagem forem confinados ou ventilados e os trabalhadores utilizarem máscaras respiratórias<sup>60</sup>.

Um estudo realizado nos EUA sobre eventos de doenças coronárias mostrou que trabalhadores do setor de resíduos sólidos apresentavam um risco duas vezes superior do que os trabalhadores em geral do país. Já na maioria dos países em desenvolvimento, o parco entendimento da magnitude do problema e os escassos recursos financeiros fazem com que os riscos continuem sendo imensamente desconsiderados<sup>61</sup>.

<sup>59</sup> Paul M. Lemieux, Christopher C. Lutes, Dawn A. Santoianni, 'Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review, Progress in Energy and Combustion Science 30 (2004) 1–32

<sup>60</sup> Agência do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), "Informal Solid Waste Management," 2006. <http://www.unep.org?PDF/Kenyawastemngtsector/chapter1.pdf>

<sup>61</sup> K. O. Boardi e M. Kuitunen, "Environmental and Health Impacts of Household Solid Waste Handling and Disposal Practices in the Third World Cities: The Case of Accra Metropolitan Area, Ghana," Journal of Environmental Health, Vol. 68, No. 4, 2005, pp. 34-36

Em princípio, trabalhadores e catadores informais são expostos aos seguintes riscos à saúde e à segurança<sup>62</sup>:

- Podem ser mortos ou gravemente feridos por equipamentos móveis como tratores ou caminhões de transporte, principalmente quando esses veículos estão fazendo manobras em marcha-à-ré.
- Estão vulneráveis a doenças respiratórias devido à exposição frequente e prolongada à fumaça dos incêndios comuns em lixões.
- Podem sofrer ferimentos temporários causados por materiais afiados ou cortantes nos resíduos que manuseiam.
- Podem sofrer danos permanentes pela exposição a matéria fecal ou a resíduos quimicamente perigosos, tóxicos ou contaminados.
- Podem ser infectados com os vírus HIV ou da hepatite C, principalmente ao manipular resíduos hospitalares perigosos (RSS).

A Tabela 6 resume estes riscos.

**Tabela 5: Riscos à saúde e à segurança para trabalhadores e catadores informais nos lixões<sup>63</sup>**

Prevalência	Gravidade
1. Dor nas articulações	1. Doenças infecciosas
2. Ferimentos/cortes	2. Problemas respiratórios
3. Problemas respiratórios	3. Infecção cutânea
4. Distúrbios gastrointestinais	4. Distúrbios gastrointestinais
5. Fadiga	5. Ferimentos/cortes
6. Infecção cutânea	6. Dor nas articulações
7. Doenças infecciosas	7. Fadiga

A exposição que ocorre nos lixões também pode dar vazão a riscos significativamente maiores de doenças respiratórias crônicas. A maioria dos resíduos carrega pequenas quantidades de material biológico, rendendo um potencial de exposição a bioaerossóis<sup>64</sup>. A disposição de resíduos ricos em material orgânico, como o RSU não tratado, aumenta grandemente o potencial de emissões por bioaerossóis.

Os impactos à saúde dos trabalhadores foram tema de diversos estudos, sendo que todos estes indicaram uma maior prevalência de sintomas dermatológicos, neuromusculares, respiratórios, auditivos, gastrointestinais e ferimentos de origem ocupacional entre os trabalhadores de aterros do que nos integrantes do grupo de controle. Além disso, sintomas específicos como entupimento nasal apresentaram correlação positiva com o manuseio de produtos derivados da madeira, óleos de máquinas, graxas e lubrificantes. Tarefas que exigiam o uso de ferramentas manuais ou elétricas também apresentaram uma relação positiva com dores nas costas e nas articulações. Finalmente, pesquisas sobre higiene

<sup>62</sup> PNUMA e República do Sudão do Sul, 2013, Health and Safety Guidelines for Waste Pickers

<sup>63</sup> Organização para o Desenvolvimento do Sudão do Sul (SSDO). 2013. Survey Report on Health and Safety of Waste Pickers at Lagoon Dump Site, Juba. Projeto No. AE/30200902. UNEP/SSFA/DEPI/2012/PCDMB/075. Juba: SSDO and UNEP.

<sup>64</sup> Mugo K.K, Gichanga J.M, Gatebe E. e Njogu P.M., Assessment of the Safety and Health Hazards in Existing Dumpsites in Kenya, Conferência Proceedings of the Sustainable Research and Innovation (SRI), 6 a 8 de maio de 2015

indicaram uma grande quantidade de poeira suspensa, bactérias e fungos dentro da zona de respiração dos trabalhadores dos lixões<sup>65</sup>.

A segurança ocupacional de catadores, principalmente nos lixões, é muito ruim e, infelizmente em muitos casos, envolvem também as crianças<sup>66</sup>. A coleta de resíduos já começa no instante em que os caminhões descarregam o material. Não é incomum ver meninos escalando o lixo descarregado do caminhão quando a caçamba basculante ainda está levantada. Com frequência, máquinas estão presentes no local para espalhar (e compactar) os resíduos. Os catadores buscam material em pilhas altas de lixo, em grande proximidade das máquinas, gerando um constante risco de ferimentos causados por escorregamentos, tropeços e quedas. Visto que os catadores praticamente não usam nenhuma vestimenta de proteção como, por exemplo, botas, luvas e máscaras, com frequência sofrem cortes por objetos afiados como agulhas e vidros quebrados, além de serem mordidos por cães e ratos. Além dos problemas de segurança mencionados, também estão envolvidos em frequentes episódios de violência.

A GIZ concluiu um importante estudo sobre os problemas de saúde dos catadores informais<sup>67</sup>, num trabalho de campo realizado na Nicarágua, Costa Rica e Colômbia, em que 118 pessoas participaram da pesquisa. Os principais problemas de saúde mencionados foram problemas renais, de pressão sanguínea e diabetes, que são problemas genéricos da população que não estão associados diretamente ao tipo de ocupação. Por outro lado, tontura, asma, tosse, doenças da pele, artrite e infecções dos rins e do trato urinário podem ser considerados doenças ocupacionais relacionadas às condições em que o trabalho é realizado, onde há fumaça da queima de resíduos, não existem instalações sanitárias e o consumo de água é pequeno, apesar da exposição direta à radiação solar e às altas temperaturas. Os tipos mais comuns de riscos de acidentes estão relacionados a ferimentos causados por materiais, pancadas e atropelamentos por caminhões, bem como infecções na pele. Mas existem ainda muito mais riscos associados ao trabalho do que aqueles mencionados pelas pessoas entrevistadas. Aparentemente, por trabalharem em condições tão extremas, elas só conseguem reconhecer os riscos e acidentes mais comuns e visíveis. Em outro estudo recente<sup>68</sup> sobre os impactos dos lixões à saúde dos catadores informais, “...(catadores)... com mais anos de experiência apresentaram maior chance de ter doenças cutâneas e respiratórias como, por exemplo, respiração curta. Os resultados também mostraram que o risco de ser ferido por objetos cortantes diminuiu com o aumento do nível educacional dos coletores de lixo”.

---

<sup>65</sup> Kitsantas P, Kitsantas A, Travis HR. Occupational exposures and associated health effects among sanitation landfill employees. *J Environ Health*. 2000; 63 (5):17-24.

<sup>66</sup> ISWA Landfill Working Group, Artigo sobre o Grupo de Trabalho em Aterros Problema-chave Waste Scavenging at Dumpsites in Economically Developing Countries, written by Ljiljana Rodic-Wiersma, David C. Wilson e Derek Greedy

<sup>67</sup> GIZ, 2011, Relatório sobre problemas de saúde pelo envolvimento do setor informal na gestão de resíduos sólidos

<sup>68</sup> Aweng, E.R., and Fatt, C.C., Survey of Potential Health Risk of Rubbish Collectors from the Garbage Dumpsites in Kelantan, Malaysia, *Asian Journal of Applied Sciences* (ISSN: 2321 – 0893) Volume 02 – Edição 01, Fevereiro de 2014



#### 4. INCERTEZAS ENVOLVIDAS

Este relatório tem o objetivo de destacar os impactos à saúde causados pelos lixões. Para isso, uma longa lista de estudos de casos e artigos foi estudada. Os impactos adversos à saúde causados pelos lixões são incontestáveis, mas ao entrar nos detalhes dos materiais estudados, ainda é necessário considerar várias limitações e incertezas, as quais serão apresentadas abaixo.

Uma ampla variedade de exposições, vias de exposição e cenários de exposição podem ser associadas aos lixões, dando margem a uma grande complexidade e dificuldade de se estimar concretamente os riscos à saúde possivelmente envolvidos numa análise em âmbito global.

Apenas alguns poucos estudos epidemiológicos avaliaram locais com respeito aos tipos de substâncias químicas neles contidos e por eles liberados; a maioria dos estudos sobre os efeitos dos lixões na saúde, em verdade, não contém nenhuma medição da exposição direta e se baseiam na distância das residências do local ou, às vezes, em modelos de exposições. Muitas conclusões sobre efeitos à saúde foram consideradas nos estudos epidemiológicos, incluindo incidência de câncer e mortalidade, e problemas reprodutivos tais como malformações e baixa estatura de nascituros<sup>69</sup>. Se um lixão apresenta riscos à saúde, aqueles por ele afetados podem ser diversos ou numerosos.

A maioria das pesquisas sobre os efeitos na saúde foi realizada para resíduos químicos depositados em solo em grandes quantidades entre as décadas de 1940 e 1970; em sua maioria, as investigações mais intensivas foram realizadas nos Estados Unidos entre as décadas de 1980 e 1990. Os resultados desses estudos epidemiológicos são afetados por fatores “conflitantes” que dificultam a comprovação do vínculo entre os lixões e os problemas de saúde, por exemplo, diferentes estilos de vida, fumo, dieta, qualidade de habitação, susceptibilidade de grupos étnicos, de gênero ou de idade a condições médicas específicas, e assim por diante.

Por isso, é importante investigar os impactos à saúde dos lixões em conjunto com outros riscos ambientais, visto que exposições concomitantes podem causar efeitos sinérgicos. Particularmente, é interessante considerar o qual possível os efeitos do lixo sobre a saúde podem ocorrer em combinação com outros potentes determinantes, dependendo do estilo de vida e do ambiente social<sup>70</sup>.

As provas científicas dos efeitos da exposição ao lixo sobre a saúde não são 100% conclusivas. A exposição diferenciada ao lixo de acordo com o status socioeconômico é frequentemente documentada, mas a reciprocidade entre fatores ambientais e sociais não está bem conhecida nem documentada.

---

<sup>69</sup> OMS, Population health and waste management: scientific data and policy options, Rome, Italy, março de 2007

<sup>70</sup> Marco Martuzzi et al, Inequalities, inequities, environmental justice in waste management and health, European Journal of Public Health, Vol. 20, No. 1, 21–26, 2010

Algumas incertezas específicas devem ser levadas em consideração quando a relação entre os lixões e a saúde é discutida<sup>71</sup>:

- As características específicas dos lixões (idade, fluxos de resíduos dispostos, condições da camada de base, etc.) não são conhecidas e simplesmente não existem conjuntos de dados relevantes
- O nível de exposição não é claramente definido simplesmente pela distância entre os lixões e as populações afetadas. Outros elementos, como fluxo do lençol freático ou direção dos ventos, devem ser considerados. Isto cria consequências relevantes à definição de uma amostra populacional adequada para os estudos de saúde envolvidos.
- Muitos estudos não identificam a via específica de exposição que pode causar os riscos à saúde (ar, água).
- É difícil estabelecer ligações diretas entre produtos químicos específicos dentro dos lixões e os riscos à saúde, sem estudos epidemiológicos adequados que abranjam a mesma amostra de população por um tempo suficiente.
- Ainda é possível a ocorrência de fatores conflitantes devido à exposição a outros fatores ambientais (ex.: indústria) na maioria dos estudos implementados.

Apesar dessas limitações metodológicas, a literatura científica sobre os efeitos dos lixões sobre a saúde fornece indícios robustos de vínculos entre os lixões e os efeitos adversos sobre a saúde<sup>72</sup> dos trabalhadores, catadores informais e moradores dos arredores.

## 5. NOTA SOBRE O CUSTO ECONÔMICO DOS IMPACTOS À SAÚDE

Um dos desafios mais importantes é avaliar o peso econômico dos lixões sobre os sistemas de saúde locais e nacionais. Poluentes ambientais podem ter efeitos diretos e indiretos na saúde humana, mas também existem os efeitos econômicos, por exemplo, no sistema de saúde, na produtividade e no lazer, e os prejuízos intrínsecos através da destruição dos ecossistemas. As organizações nacionais e internacionais cada vez mais exigem a monetização desses efeitos para fins de avaliação das relações de viabilidade econômica e custo-benefício. Apesar de alguns profissionais de saúde ambiental considerarem a definição de valor sobre a saúde humana antiética, aparentemente a maioria considera tal fato uma extensão natural (ainda que útil) do peso infligido pelas avaliações de enfermidades.

Embora os desafios técnicos e científicos envolvidos nesse esforço sejam realmente elevados, os conceitos relevantes ainda estão sendo desenvolvidos e alguns conceitos-chave devem ser considerados.

---

<sup>71</sup> WHO, Health effects from landfills – Impacts from the latest research, Relatório sobre reunião da OMS, Bilthoven, Países Baixos, 1998

<sup>72</sup> Daniela Porta et al, Systematic review of epidemiological studies on health effects associated with management of solid waste, Environmental Health 2009, 8:60 doi:10.1186/1476-069X-8-60

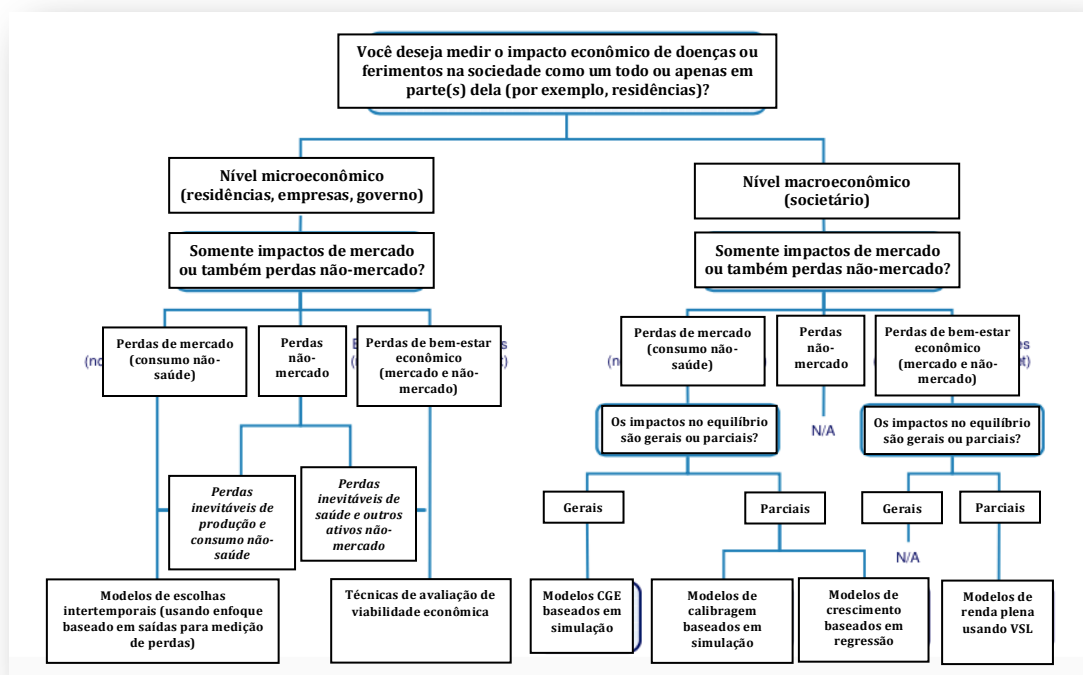
A Organização Mundial de Saúde (OMS) desenvolveu a estrutura conceitual para identificação das consequências econômicas de doenças e ferimentos<sup>73</sup>. Uma importante conclusão foi que, se realizados de maneira definida com referência a um conjunto coerente de bases conceituais, os estudos de impactos econômicos na saúde podem contribuir de maneira útil com o diálogo envolvendo a criação de políticas de saúde. Entretanto, muitos estudos não foram baseados em uma estrutura clara e lógica, o que pode levar a resultados enganosos ou espúrios. Portanto, deve-se ter muito mais atenção ao considerar o planejamento de uma análise do impacto econômico de doenças ou ferimentos.

Segundo a OMS algumas perguntas devem ser respondidas antes de se discutir a avaliação econômica dos impactos sobre a saúde. O estudo do impacto econômico é necessário em primeiro lugar (o ele acrescentará aos indicadores clínicos ou epidemiológicos da carga da doença)? Qual foi a decisão de política sobre a qual ele se baseia? Qual é o objetivo explícito, o escopo e a perspectiva do estudo? Quais são os principais meios através dos quais se estima que os impactos econômicos serão sentidos, e quais são as dificuldades de dados (ou outros fatores) que afetam a medição e a avaliação apropriadas? Lidar com essas questões logo no início estimulará uma abordagem mais rigorosa e uma avaliação mais significativa dos estudos de impacto econômico no futuro. Também ajudará a identificar quais abordagens, em um número de abordagens específicas, podem ser apropriadas em um determinado contexto. A Figura 6 apresenta um algoritmo simples que pode ser usado para identificar os custos econômicos relacionados com algumas doenças e ferimentos.

---

<sup>73</sup> WHO, WHO GUIDE TO IDENTIFYING THE ECONOMIC CONSEQUENCES OF DISEASE AND INJURY, 2009

Figura 6: Algoritmo para determinar o enfoque metodológico a ser usado para os estudos de impacto econômico na saúde<sup>76</sup>



A OCDE realizou uma atualização notável com objetivo de analisar a recente literatura empírica relacionada aos impactos sobre a saúde humana causados por fatores externos negativos decorrentes de poluição do ar, produtos químicos perigosos, água e saneamento insalubres, e o seu uso nas análises de custo-benefício<sup>74</sup>. O estudo inclui avaliação dos impactos à saúde relacionados à exposição a Material Particulado (PM) e Ozônio, Produtos Químicos Perigosos e Água e Saneamento Insalubres. A tabela abaixo apresenta alguns números importantes sobre as doenças associadas com tal exposição, visto que uma grande quantidade de estudos de viabilidade econômica (WTP) já os realizou.

<sup>74</sup> OCDE, Artigo sobre o meio ambiente No. 35 Policy Interventions to Address Health Impacts Associated with Air Pollution, Unsafe Water Supply and Sanitation, and Hazardous Chemicals, escrito pelo Prof. Alistair Hunt da Universidade de Bath, 2011

**Tabela 6: Extensão dos custos de doenças selecionadas associadas às emissões de lixões<sup>77</sup>**

EXPOSIÇÃO A	IMPACTO NA SAÚDE	EXTENSÃO DOS CUSTOS (USD 2010, ppp)
PM e Ozônio	Bronquite crônica	170.000 a 500.000
	Internações por problemas respiratórios	2.000 a 24.000
	Internações por problemas cardíacos	200 a 29.000
Produtos Químicos Perigosos	Câncer (pulmão)	481.000
	Câncer de pele	9.300
	Leucemia	2.658
	Distúrbios neurológicos e de desenvolvimento	10.000
Saneamento insalubre	Doenças gastrointestinais	40-170

Outro assunto importante diz respeito à avaliação dos impactos sobre a saúde das crianças. Existe uma preocupação cada vez maior de que a saúde de crianças esteja sendo particularmente afetada pelas condições ambientais. Alguns exemplos importantes são o agravamento de doenças respiratórias (como a asma), problemas de desenvolvimento dos pulmões, doenças transmitidas pela água (como gastroenterite) e cada vez mais casos de morte prematura entre crianças<sup>75</sup>. Em muitos aspectos, a avaliação dos benefícios à saúde das crianças está associada a problemas que podem ter sérias implicações nas políticas. Um problema importante diz respeito à especial vulnerabilidade das crianças à degradação ambiental. O foco nas diferenças epidemiológicas entre adultos e crianças determina a importância de não se considerar as crianças como “adultos em miniatura” na elaboração de políticas. Diferenças adicionais entre adultos e crianças em termos de avaliação desses impactos, também destacam a necessidade de se estabelecer valores específicos para as crianças na hora de definir as políticas ambientais.

Um estudo de caso que merece destaque foi realizado na cidade de Campania, na Itália<sup>76</sup>, com o objetivo de reduzir as incertezas quanto a danos à saúde pela exposição ao lixo, fornecendo pela primeira vez uma avaliação monetária dos benefícios à saúde decorrentes da recuperação de lixões de produtos perigosos na cidade. Os resultados foram verdadeiramente assombrosos.

Foram estimados 848 casos de mortalidade prematura e 403 de câncer fatal por ano em consequência da exposição a lixões com resíduos perigosos. O valor atual do benefício de reduzir a quantidade de mortes relacionadas ao lixo, após o ajuste para um prêmio relacionado ao câncer, foi estimado em 11,6 bilhões de euros. Tal valor varia de €5,4 a €20,0 bilhões, assumindo-se um período de benefícios de 10 e 50 anos, respectivamente.

<sup>75</sup> : OECD, Economic Valuation of Environmental Health Risks to Children, 2006

<sup>76</sup> : Carla Guerriero, John Cairns, The potential monetary benefits of reclaiming hazardous waste sites in the Campania region: an economic evaluation, Environmental Health 2009, 8:28 doi:10.1186/1476-069X-8-28

O estudo concluiu que existe um argumento econômico forte para recuperar a terra contaminada pelo lixo perigoso nas províncias de Nápoles e Caserta e retomar o controle do território para evitar a criação de novos lixões ilegais.

Está claro que a avaliação econômica dos impactos à saúde relacionados aos lixões é uma ferramenta eficaz de intervenção política que pode ajudar os tomadores de decisão a atualizar o fechamento dos lixões em suas agendas locais e nacionais.

A extensão dos custos apresentados acima e dos resultados do caso de Campania comprovou que os impactos mundiais dos lixões devem estar na ordem de grandeza de décadas ou de centenas de bilhões de dólares.

Todavia, uma avaliação mais precisa é impossível, pois a) o contexto científico necessário para resultados concretos ainda está sendo desenvolvido e b) existem lacunas de dados e dificuldades metodológicas que precisam ser gerenciadas.

### 5.1. NOTA SOBRE OS CUSTOS<sup>77</sup> DOS LIXÕES NO BRASIL

Considerando que 75 milhões de pessoas ainda são atendidas por lixões, segundo o último Panorama da ABRELPE (2014), consideramos ser muito útil avaliar os custos desses lixões sobre a saúde e o meio ambiente.

O custo de manter os lixões abertos possui dois componentes: custo ambiental e custo com saúde.

#### Custo ambiental

O custo ambiental dos lixões é o custo devido pelos danos à atmosfera, emissões de CO<sub>2</sub>, danos a água, solo, flora e fauna e, obviamente, degradação ambiental de modo geral. Dado que os poluidores não pagam por esses danos nas atuais condições de mercado e de políticas públicas no Brasil, estes danos serão denominados fatores externos.

Os fatores externos dos lixões se dividem em custos fixos (independem da quantidade de resíduo) ou custos variáveis (dependendo da quantidade). A maior parte dos fatores externos relacionados ao lixo, tais como emissões para o ar, a água e o solo, são custos externos variáveis. Os efeitos de desconforto causados pelos lixões são, em sua maioria, custos externos fixos.

Com relação aos lixões, a maior parte das informações disponíveis se refere a emissões atmosféricas, com menos informações sobre emissões na água e no solo. Existem literatura e pesquisas substanciais sobre a quantificação e a avaliação econômica dos impactos e dos danos resultantes das emissões atmosféricas convencionais, e os padrões de dispersão e impacto são relativamente uniformes uma vez que os poluentes são emitidos. Portanto, é relativamente fácil generalizar as estimativas de danos e aplicá-las em uma escala ampla. Desse modo, pode-se concluir que os resultados da avaliação econômica neste campo podem ser considerados bastante abrangentes e

---

<sup>77</sup> Custos em dólares americanos (US\$)

relativamente robustos, ainda que, obviamente, ainda exista espaço para as incertezas. Tais incertezas são refletidas em conjuntos de estimativas relativamente amplos. No entanto, outros tipos de emissões atmosféricas, como de metais pesados e dioxinas, raramente são quantificados.

Algumas poucas tentativas, porém, foram feitas para quantificar e avaliar os fatores externos dos lixões sobre o solo e a água. As vias de poluentes para as emissões no solo e na água são bem específicas dos locais e difíceis de medir, pois dependem grandemente da qualidade do solo e da localização específica do lixão para questões de, por exemplo, aquíferos subterrâneos e águas receptoras. Por isso, os cálculos dos fatores externos sobre o solo e a água devem ser considerados altamente incertos.

Além disso, o conhecimento dos efeitos de longo prazo dos lixões no Brasil ainda é muito limitado atualmente, pelo simples fato de que esses locais não foram detalhadamente estudados, com as metodologias apropriadas.

Mas está mais do que certo que os danos podem ocorrer muitas décadas depois da ocorrência da emissão. Isso levanta a questão dos descontos e da distribuição intergeracional. Como um dano ocorrido hoje deve ser economicamente avaliado comparado a um dano que ocorrer no futuro? A atribuição de descontos é assunto de contínuos debates, e a escolha do fator de desconto é muito importante para os resultados da nossa avaliação.

Por todos esses motivos, em nosso esforço para avaliar o custo dos danos ambientais nos lixões brasileiros, decidiu-se adotar a abordagem mais conservadora, ou seja, os resultados apresentados abaixo estão provavelmente no nível mais otimista dos danos reais; em outras palavras, o custo dos danos ambientais provavelmente está subestimado. A metodologia usada é baseada no estudo “Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste” da União Europeia, que foi implementado pela EU DG ENVIRONMENT no ano 2000.

A tabela abaixo resume os componentes de custos ambientais (fatores externos) identificados como sendo os que mais refletem as condições brasileiras, em custos unitários (US\$ por tonelada). Os custos dos lixões do Brasil são comparados com os custos relevantes nos países da UE, os quais são mais altos devido a correção em diferentes níveis de PIB/meta.

**Tabela 7: Componentes dos custos ambientais dos lixões no Brasil.**

Componente	BRASIL (\$ / ton)	EU (\$ / ton)
Aquecimento global	3 - 6	4-8
Poluição do ar	0,2 - 1	0,5 – 1,5
Chorume	4 - 7	8-12
Desconforto	2,8 - 6	8-10
TOTAL	10 - 20	20,5 – 31,5

A tabela a seguir apresenta o custo ambiental dos lixões pelo lixo recebido, segundo os dados do Panorama.

**Tabela 8: custos ambientais dos lixões no Brasil de 2010 a 2014.**

	2010	2011	2012	2013	2014
RESÍDUOS EM LIXÕES	26.863.705	27.247.653	27.804.684	28.830.255	29.659.170
MENOR CUSTO AMBIENTAL (US\$ 10/ton)	\$268.637.051	\$272.476.526	\$278.046.844	\$288.302.550	\$296.591.700
MAIOR CUSTO AMBIENTAL (US\$ 20/ton)	\$537.274.102	\$544.953.052	\$556.093.688	\$576.605.100	\$593.183.400
POPULAÇÃO SERVIDA	71.944.469	72.336.340	73.459.226	75.876.081	76.514.124

No total, entre 2010 e 2014, o custo dos danos ambientais pelos lixões ficou entre US\$ 1,4 e 2,8 bilhões, com uma média de US\$ 2,1 bilhões!

Se utilizarmos a população servida pelos lixões, o custo por pessoa fica entre 3 e 9 dólares por pessoa/ano (média de US\$ 6/ano) ou US\$ 30 para o período entre 2016 e 2021.

### Custos com saúde

Os custos para a saúde podem ser avaliados através dos benefícios perdidos em razão dos impactos sobre a saúde, sejam eles diretos ou indiretos, causados pelos lixões. Tais benefícios incluem custos diretos do sistema de saúde, perda horas de trabalho devido aos problemas de saúde e os impactos psicológicos de se viver próximo aos lixões.

Um dos desafios mais importantes é o de avaliar o peso econômico dos lixões sobre os sistemas de saúde locais e nacional. Poluentes ambientais podem ter efeitos diretos e indiretos sobre a saúde do ser humano, mas há também dos efeitos econômicos, isto é, no sistema de saúde, na produtividade, no lazer e nas perdas intrínsecas causadas pela destruição de ecossistemas. As organizações nacionais e internacionais cada vez mais exigem a monetização desses efeitos para fins de avaliação das relações de viabilidade econômica e custo-benefício. Apesar de alguns profissionais de saúde ambiental considerarem a definição de valor sobre a saúde humana antiética, aparentemente a maioria considera tal fato uma extensão natural (ainda que útil) do peso infligido pelas avaliações de enfermidades.

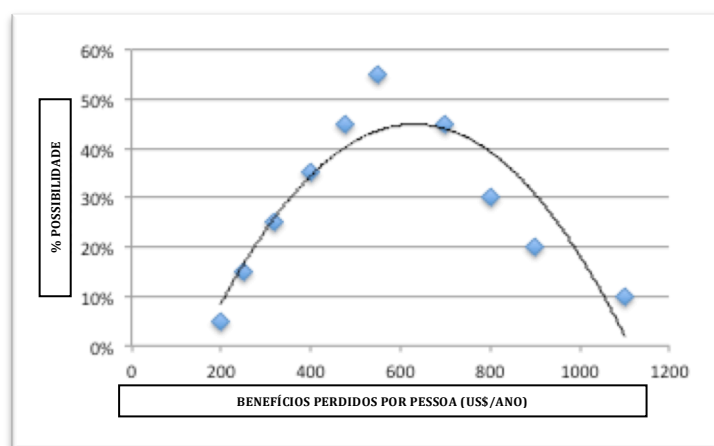
Embora ainda existam grandes desafios técnicos e científicos envolvidos neste esforço, os conceitos relevantes estão sendo desenvolvidos e alguns conceitos-chave devem ser levados em consideração. Para a avaliação dos custos dos lixões sobre a saúde no Brasil, seguimos a metodologia proposta por Carla Guerriero e John Cairns em “The potential monetary benefits of reclaiming hazardous waste sites in the Campania region: an economic evaluation”, Environmental Health 2009. Os custos por doença foram avaliados usando os dados da OCDE no artigo ambiental no. 35, “Policy Interventions to Address Health Impacts Associated with Air Pollution, unsafe Water Supply and Sanitation, and Hazardous Chemicals”, escrito pelo Prof. Alistair Hunt em 2011.



Para aplicar esta metodologia, fizemos um pressuposto conservador de que apenas 1% da população servida pelos lixões (cerca de 75 milhões de pessoas) é afetada pelos impactos e necessita de tratamento de saúde. Desta forma, o pressuposto indica que os impactos à saúde causados pelos lixões estão afetando cerca de 0,75 milhões de pessoas, num enfoque ainda muito conservador. Na prática, este número pode estar entre 1% e 5%, conforme depreendido em experiências internacionais.

Os benefícios perdidos por cada pessoa afetada foram avaliados em aproximadamente 500 dólares por ano, com uma pequena possibilidade de chegar a 1000 dólares por ano, conforme o gráfico abaixo.

Figura 7: Avaliação da média de benefícios perdidos (custos) por pessoa/ano



Assim, utilizando a perda média de US\$ 500 por pessoa e por ano, a tabela abaixo apresenta o custo dos impactos dos lixões sobre a saúde.

Tabela 9: CUSTOS DOS LIXÕES NA SAÚDE

	2010	2011	2012	2013	2014
POPULAÇÃO ATENDIDA	71.944.469	72.336.340	73.459.226	75.876.081	76.514.124
1% DA POPULAÇÃO AFETADA	719.444,69	723.363,40	734.592,26	758.760,81	765.141,24
CUSTO DO ATENDIMENTO MÉDICO (US\$ 500 /pessoa/ano)	\$359.722.346	\$361.681.701	\$367.296.131	\$379.380.403	\$382.570.621

É óbvio que se os custos de se manter os lixões abertos sobre a saúde estão avaliados em 370 milhões de dólares por ano, significa que, nos próximos 5 anos (2016-2021), o gasto total da saúde será de mais de 1,85 bilhão de dólares!

### Conclusões para o Brasil

A tabela abaixo apresenta a somatória dos custos ambientais e de saúde decorrentes dos lixões para o período de 5 anos.

É surpreendente que o custo total para os anos de 2016 a 2021 seja um valor entre 3,25 e 4,65 bilhões de dólares!

Numa base per capita, supõe-se que cada pessoa servida por lixões tenha um custo entre US\$ 43 e 64, só em razão dos custos dos lixões sobre a saúde e o meio ambiente.

**Tabela 10: Custos dos lixões sobre a saúde e o meio ambiente no Brasil**

MENOR CUSTO AMBIENTAL (US\$ 10/ ton)	\$268.637.051	\$272.476.526	\$278.046.844	\$288.302.550	\$296.591.700
MAIOR CUSTO AMBIENTAL (US\$ 20/ton)	\$537.274.102	\$544.953.052	\$556.093.688	\$576.605.100	\$593.183.400
CUSTO DO ATENDIMENTO MÉDICO (US\$ 500 /pessoa/ano)	\$359.722.346	\$361.681.701	\$367.296.131	\$379.380.403	\$382.570.621
TOTAL MAIOR GASTO	\$628.359.397	\$634.158.227	\$645.342.975	\$667.682.953	\$679.162.321
TOTAL MENOR GASTO	\$896.996.448	\$906.634.752	\$923.389.820	\$955.985.503	\$975.754.021

Nota-se que as avaliações acima são bastante conservadoras e não incluem o custo de fechamento e remediação dos lixões, bem como os impactos de longo prazo para os vinte a trinta anos após seu fechamento.

É óbvio que, com esse montante tão elevado (US\$ 3,25 a 4,65 bilhões), o Brasil poderia ter fechado todos os lixões e modernizado significativamente o seu sistema de gestão de resíduos.

O custo da inação por manter os lixões em funcionamento é realmente elevado, e os motivos pelos quais nós não sentimos diretamente esse custo são:

- A falta de estudos relevantes e de um sistema de contabilidade no nível local e/ou regional; e
- Boa parte desse custo é cobrada no futuro, seja para as gerações seguintes ou nos custos com saúde nos próximos anos.

As avaliações mencionadas acima devem servir de base para os devidos ajustes de políticas e destacam a necessidade de estudos mais detalhados dos custos da inação para com os lixões no Brasil.

## 6. CONCLUSÕES

Os lixões são um problema mundial que ameaça a saúde e a qualidade de vida de 3,5 a 4 bilhões de pessoas. Considerando o aumento da população e da renda per capita previstos para os países em desenvolvimento, é esperado que volumes adicionais de resíduos acabem em lixões nos próximos 15 a 20 anos.

Apesar das limitações metodológicas, a literatura científica sobre os efeitos dos lixões na saúde fornece indícios de ligações sólidas entre os lixões e efeitos adversos à saúde de trabalhadores, catadores e moradores dos arredores.

Os diferentes fluxos de resíduos dispostos, bem como as práticas adotadas (queima a céu aberto e reciclagem informal) determinam os impactos tanto para a saúde como para o meio ambiente decorrentes dos lixões. Além dos resíduos municipais, lixo hospitalar, resíduos perigosos e lixo eletrônico são fluxos comuns encontrados nos lixões. O problema é que, na maioria dos lixões, todos os fluxos de resíduos acima mencionados estão normalmente presentes em quantidades desconhecidas, com interações praticamente desconhecidas. O resultado é tanto o aumento dos riscos à saúde como das dificuldades em avaliar detalhadamente esses riscos.

Os problemas de saúde associados aos lixões estão relacionados às suas emissões, que normalmente envolve POPs, metais pesados e compostos orgânicos voláteis. Os riscos reais sobre a saúde dependem das práticas adotadas e do tipo de resíduo descartado em cada lixão, além das condições ambientais e sociais da área.

A queima a céu aberto e a alimentação de animais aumentam substancialmente os riscos à saúde, o primeiro pelas emissões diretas de poluentes nocivos e o segundo pela transferência de poluentes para a cadeia alimentar.

Diversos estudos documentaram que os lixões podem acarretar graves efeitos sobre a saúde e bem-estar da população. Uma ampla gama de substâncias tóxicas pode ser liberada no meio ambiente pela disposição não controlada dos resíduos, por exemplo, metano, dióxido de carbono, benzeno e cádmio. Muitos desses poluentes se mostraram tóxicos para a saúde humana. Além disso, há a probabilidade de os lixões conterem compostos altamente perigosos resultantes da produção industrial, por exemplo, chumbo e amianto. Estudos epidemiológicos constataram que duas consequências importantes sobre a saúde – câncer e malformações congênitas – estão estatisticamente associadas à exposição aos resíduos nos lixões.

Os lixões estão se tornando um problema alarmante. De acordo com pesquisas recentes, os riscos à saúde acarretados pelos lixões tóxicos na Índia, na Indonésia e nas Filipinas são mais importantes do que os riscos acarretados pela malária. Depósitos de lixo eletrônico estão relacionados com alterações nas funções da tireoide, mudanças na expressão e função celular, distúrbios neonatais, mudanças de temperamento e comportamento, e diminuição da função pulmonar.

Um dos desafios mais importantes é o de avaliar o peso econômico dos lixões sobre os sistemas de saúde locais e nacionais, incluindo todos os seus efeitos econômicos, por exemplo, no sistema de saúde, na produtividade, no lazer e nas perdas intrínsecas causadas pela destruição dos ecossistemas. As organizações nacionais e internacionais cada vez mais exigem a monetização desses efeitos para avaliar a viabilidade econômica e o custo-benefício. Supõe-se que os impactos mundiais dos lixões sobre a saúde estejam na ordem de grandeza de décadas ou de centenas de bilhões de dólares, ainda que nenhum estudo específico com este escopo particular tenha sido ainda implementado.