



AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DOS COMPOSTOS E EPIDEMIOLOGIA DAS DOENÇAS NÃO TRANSMISSÍVEIS ASSOCIADAS AOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Nayara de Freitas Nogueira Silveira (*), Mônica de Abreu Azevedo 2

* Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, nayaradfn@gmail.com.

RESUMO

A toxicidade é a capacidade de uma substância química produzir um efeito nocivo em um organismo quando este está exposto às toxinas ou compostos tóxicos. A toxicidade de uma substância depende da dose, dos fatores de risco e/ou exposição de cada indivíduo. Portanto, um agente pouco tóxico se exposto no ambiente por muito tempo, tende a causar efeitos crônicos no organismo. O contrário acontece com agentes muito tóxicos que expostos a um pequeno intervalo de tempo podem provocar intoxicações quase instantâneas e levar a um quadro clínico irreversível. A análise de toxicidade de compostos advindos da má disposição de resíduos sólidos pode gerar respostas coerentes sobre tratamento e a correta causa das enfermidades agudas e crônicas causadas por estes compostos. O presente trabalho trata-se de uma pesquisa descritiva sobre toxicidade dos compostos e epidemiologia das doenças não transmissíveis associadas aos resíduos sólidos e visa a obtenção de respostas para um problema recorrente na sociedade brasileira, em especial, num momento de pandemia e de recorrente redução de investimentos em saneamento básico.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Toxicidade, Metais pesados, Epidemiologia.

ABSTRACT

Toxicity is the ability of a chemical substance to produce a harmful effect on an organism when it is exposed to the toxins or toxic compounds. The toxicity of a substance depends on the dose, risk factors and/or exposure of each individual. Therefore, a weakly toxic agent if exposed in the environment for a long time, tends to cause chronic effects in the organism. The opposite happens with very toxic agents that exposed for a short period of time can cause almost instantaneous intoxication and lead to an irreversible clinical picture. The analysis of the toxicity of compounds resulting from the improper disposal of solid waste can generate coherent answers about treatment and the correct cause of acute and chronic diseases caused by these compounds. The present work is a descriptive research on the toxicity of compounds and epidemiology of non-communicable diseases associated with solid waste and aims to obtain answers to a recurring problem in Brazilian society, especially at a time of pandemic and recurrent reduction of investments in basic sanitation.

KEY WORDS: Solid Waste, Toxicity, Heavy Metals, Epidemiology.

INTRODUÇÃO

A toxicidade é a capacidade de uma substância química produzir um efeito nocivo em um organismo quando este está exposto às toxinas ou compostos tóxicos. A toxicidade de uma substância depende da dose e/ou dos fatores de risco/exposição de cada indivíduo. Portanto, um agente pouco tóxico se exposto no ambiente por muito tempo, tende a causar efeitos crônicos no organismo. O contrário acontece com agentes muito tóxicos que expostos a um pequeno intervalo de tempo podem provocar intoxicações quase instantâneas e levar a um quadro clínico irreversível.

Uma análise epidemiológica, quando bem realizada, pode trazer benefícios espetaculares para a sociedade. Entretanto, muitas vezes os dados disponíveis não são tão confiáveis, às vezes incompletos, ou com descrição da enfermidade (CID) errada o que prejudica o levantamento de dados para pesquisas.

O objetivo principal desta monografia é o aprofundamento no tema e levantamento de dados para que futuramente eles possam ser empregados para pesquisas afins. Funde a esse objetivo a necessidade da população em obter respostas coerentes sobre tratamento e a causa correta de suas enfermidades. Doenças crônicas são difíceis de determinar as causas já que não se sabe ao certo a evolução da doença e seus sintomas podem indicar desde uma contaminação a uma propensão genética do próprio organismo em adquirir e desenvolver a doença.

Sendo assim, busca-se dissertar e discutir sobre a avaliação da toxicidade dos compostos e epidemiologia das doenças não transmissíveis associadas aos resíduos sólidos.



OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é discutir dados de toxicidade de resíduos sólidos de forma a subsidiar pesquisas e obter respostas coerentes sobre tratamento e a correta causa de suas enfermidades. A causa de doenças crônicas é difícil de ser determinada já que não se sabe ao certo a evolução da doença e seus sintomas podem indicar desde uma contaminação à uma propensão genética do próprio organismo em adquirir e desenvolver a doença.

Sendo assim, busca-se discutir e verificar a avaliação da toxicidade dos compostos e epidemiologia das doenças não transmissíveis associadas aos resíduos sólidos.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa descritiva sobre toxicidade dos compostos e epidemiologia das doenças não transmissíveis associadas aos resíduos sólidos.

Além de apresentar os conceitos envolvidos no tema, o estudo condensa e discute diversas pesquisas a respeito da ecotoxicidade dos componentes de resíduos sólidos, de forma a caracterizar um padrão para enquadramento e o poder toxicológico de um resíduo sólido, já que existem vários compostos e a interação entre estes podem intensificar seus efeitos à saúde pública e ambiental.

Sendo assim, o tema proposto se justifica na necessidade de se divulgar as a relação dos contaminantes químicos na saúde pública, em especial agrotóxico, dioxinas, furanos e metais pesados oriundos da disposição inadequada de resíduos sólidos, e também, de na necessidade de se desenvolver e melhorar os diagnósticos de atendimento do sistema de informações hospitalares (o SHI-SUS) a partir do conhecimento de doenças não transmissíveis de difícil diagnóstico, que podem estar relacionadas a componentes químicos encontrados nos resíduos sólidos.

RESULTADOS

A toxicidade é uma propriedade que reflete o potencial de uma substância em causar um efeito danoso a um organismo vivo. O efeito das substâncias em função do tempo e de um organismo teste pode ser determinado por testes de toxicidade. Testes de toxicidade são ensaios laboratoriais realizados sob condições experimentais, específicas e controladas, utilizados para estimar a toxicidade de amostras (COSTA et al, 2008).

O principal objetivo da toxicologia é a avaliação do risco, o que constitui condição sumária para o estabelecimento de medidas de segurança ao manusear ou utilizar compostos químicos que possam ser prejudiciais à saúde pública e ambiental. É importante ressaltar que em ensaios de toxicidade não é possível chegar a uma conclusão absoluta sobre o risco que uma determinada amostra apresenta para os seres vivos, principalmente para os seres humanos. Acredita-se que a extrapolação dos resultados dos ensaios em organismos testes para os seres humanos é complexa, já que o organismo das espécies comumente utilizadas pode ser mais simples em comparação com o organismo humano (COSTA et al, 2008).

Em ensaios de ecotoxicidade, organismos-testes são expostos a diferentes concentrações de amostra e os efeitos tóxicos produzidos sobre eles são observados e quantificados. O principal objetivo da ecotoxicidade é a definição de limiares de toxicidade permissíveis com níveis de incerteza aceitáveis e que sirvam de guia para as entidades reguladoras para a tomada de decisões. Os efeitos tóxicos podem se manifestar em alterações no crescimento, em deformações ou no comportamento dos organismos-teste (ARENZON, NETO, GERBER; 2011).

Quanto aos ensaios, existem dois tipos. São eles: os ensaios de toxicidade aguda que avaliam a capacidade do efluente de causar efeitos danosos aos organismos-teste em um curto período de exposição e os ensaios de toxicidade crônica, onde são notados efeitos mais sutis, como alteração sobre a reprodução e o crescimento ou possível morte em um período maior de tempo (ARENZON, NETO, GERBER; 2011).

No tocante aos resíduos sólidos, em 2004, a ABNT reforçou a necessidade de se classificar os resíduos sólidos quanto à sua periculosidade ao meio ambiente e à saúde pública. Outras normas como a de lixiviação, solubilização e amostragem de resíduos também são importantes do ponto de vista de controle da difusão da poluição (RODRIGUES, URIVALD, 2007).

.De acordo com a norma NBR 10004:2004, os resíduos sólidos podem ser classificados em:



- Resíduos da classe I: resíduos perigosos que apresentem pelo menos uma das características listadas: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
- Resíduos da classe II A: Resíduos não inertes. Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos da classe I da classe II B Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Resíduos classe II B: Inertes. Quaisquer resíduos que quando analisados não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A partir dessa classificação, a entidade fomentou anexos para regulamentar os resíduos de fontes não específicas e de fontes específicas que são considerados tóxicos. Entretanto, essa classificação não garante que resíduos enquadrados nas classes II A e II B, ainda que submetidos ao teste de solubilização, não apresentem toxicidade. O Quadro 2 apresenta alguns exemplos compostos e elementos considerados tóxicos e respectivos resíduos, segundo a NBR 10006:2004:

Quadro 1: Exemplos de algumas fontes geradoras de resíduos e os compostos/elementos tóxicos presentes em cada. Fonte: ABNT NBR 10006:2004. Modificado.

Origem do resíduo	Compostos/Elementos Tóxicos
Lodos provenientes do fundo de tanques de banhos galvanoplásticos	Cianetos
Resíduos e lodos de tinta provenientes da pintura industrial	Cádmio, cromo, chumbo, cianeto, tolueno, tetracloroetileno
Efluentes líquidos e resíduos originados no processo de preservação da madeira, provenientes de plantas	Benzo(a)antraceno; benzo(a)pireno; dibenzo(a,h)antraceno; indeno(1,2,3-cd)pireno; pentaclorofenol; arsênio; cromo; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzo-p-dioxinas; tetra-, penta-, hexa- e heptaclorodibenzofuranos
Pós e fibras de amianto (asbesto)	Amianto
Resíduos originados da preservação da madeira (lodo)	Triclorofenóis, tetraclorofenóis, pentaclorofenol, fenol, 2-clorofenol, p-cloro-m-cresol, 2,4-dimetilfenol, 2,4-dinitrofenol, creosoto, criseno, naftaleno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a)antraceno, acenaftaleno
Lodo de tratamento de efluentes líquidos originados na produção de pigmentos inorgânicos	Cromo hexavalente, chumbo
Resíduos de processos de destilação ou purificação, colunas de fracionamento e outros. (químicos orgânicos)	Clorofórmio, formaldeído, diclorometano, cloreto de metila, paraldeído, ácido fórmico, Acetonitrila, acrilamida, Dicloreto de etileno, 1,1,1-tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, tetracloroetanos (1,1,2,2-tetracloroetano e 1,1,1,2-tetracloroetano), tricloroetileno, tetracloroetileno, tetracloreto de carbono, cloreto de vinila, cloreto de vinilideno, Antimônio, tetracloreto de carbono, clorofórmio dentre outros.
Pesticidas	Mercúrio, Arsênio, Hexaclorociclopentadieno, Tolueno, ésteres dos ácidos fosforoditioico e fosforotioico, forato, formaldeído, Etilenotioúrea, Dimetilssulfato; brometo de metila.
Explosivos (Lodos provenientes do tratamento de efluentes líquidos)	Chumbo
Refino do petróleo (sólidos provenientes da emulsão residual, lodo de limpeza e outras fontes)	Cromo hexavalente e chumbo, benzeno, Benzo (a) pireno, dibenzo (a,h) antraceno, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (k) fluoranteno, 3-metilbenzilciclopentaaantraceno, 7,12- dimetilbenzo (a) antraceno, arsênio

**Quadro 2: Exemplos de algumas fontes geradoras de resíduos e os compostos/elementos tóxicos presentes em cada. Fonte: ABNT NBR 10006:2004. Modificado. (Continuação)**

Origem do resíduo	Compostos/Elementos Tóxicos
Ferro e Aço (Poeiras provenientes do sistema de controle de emissão de gases)	Cromo, chumbo, arsênio

Cabe cautela na caracterização dos resíduos sólidos, quanto à sua toxicidade. Para isso, é importante um controle efetivo de todos os potenciais componentes tóxicos de um resíduo. Segundo Zagato (2000), não se deve subestimar o controle de poluentes tóxicos que afetam adversamente o meio ambiente, pois há uma grande diversidade de novas substâncias que estão sendo introduzidas no meio. Sendo assim, determinar o efeito tóxico de uma substância é enfaticamente laborioso, o que se diga então dos efeitos da combinação de várias substâncias tóxicas presentes para a adequada disposição o meio ambiente.

Há uma classificação presente na literatura para facilitar o enquadramento dos resíduos quanto à toxicidade para a escolha do destino final. Segundo Bulich (1982), quatro classes podem ser utilizadas. É importante salientar a consideração feita neste estudo de que esta classificação pode ser estendida para resíduos sólidos já que, quando solubilizados em água, podem apresentar os mesmos compostos no lixiviado (HIGA, 2008). A Tabela 1 apresenta a classificação da toxicidade de compostos quanto à concentração efetiva média (CE 50)- concentração de amostra que causa um efeito agudo a 50% dos organismos teste.

Tabela 1: Classificação do efluente em relação a sua CE (I) 50. Estendido o entendimento para resíduos sólidos. Fonte: HIGA, 2008.

Valores de CE(I)50	Classe das Amostras
< 25%	Muito Tóxica
25% A 50%	Tóxica
51% a 75%	Moderadamente Tóxica
75%	Levemente Tóxica
Não Tóxica	Não Tóxica

Os resíduos tóxicos podem ser classificados também em função do poder de alvo molecular (ligação irreversível com o DNA) ou em relação à reatividade deteriorando as estruturas vivas. A literatura também classifica como tóxico direto ou indireto. O primeiro seriam aquelas substâncias que agem sobre os alvos biológicos sem ativação metabólica (exemplo corrosivos e agentes alquilantes). Já na segunda classificação se enquadram os compostos que afetam as estruturas ou as funções celulares somente após a ativação metabólica pelos sistemas enzimático ou hospedeiro.

Há também a possibilidade de agrupar as substâncias de acordo com a sua natureza. Os solventes orgânicos apresentam características físico-químicas semelhantes, como facilidade de difusão, baixo ponto de fulgor, e, em geral, são facilmente penetráveis no organismo pela via respiratória. Já os metais como o cromo hexavalente, comprovadamente cancerígeno e o mercúrio, neurotóxico importante, causam efeitos irreversíveis no corpo humano. Outra consideração pode ser o efeito nocivo que o produto acarreta no organismo, como: anestésico, irritante, asfixiante, mutagênico e teratogênico (FIOCRUZ, 2013).

Os riscos apresentados pelos produtos químicos sob a saúde humana dependem de sua reatividade com metabólitos ou mesmo DNA das células. Para determinação desse risco é necessária uma avaliação considerando as propriedades físico-químicas, a toxicidade e as possibilidades de exposição do trabalhador ao produto tóxico/ reativo, bem como as vias de penetração no organismo. Além disso, tem-se que considerar a disposição final do produto químico, sob a forma de resíduo, e os impactos que pode causar no meio ambiente e a saúde pública.

Sendo assim, a exposição a algum desses compostos pode gerar efeitos irreversíveis à saúde humana, muitas vezes com causa não diagnosticada pelos médicos ou terapeutas. A exposição aos resíduos sólidos industriais ou urbanos pode gerar inúmeras mazelas à saúde pública e ambiental nas áreas diretamente afetadas pela disposição irregular e até mesmo no meio circundante, como exemplo quando a poluição atinge mananciais de captação de água. Dessa forma se perpetuam doenças não transmissíveis, muitas vezes de difícil diagnóstico.

Doenças não-transmissíveis, ou não- infecciosas, são todas aquelas que não resultarem de infecção. As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são multifatoriais, e advêm da interação de quatro elementos. São eles: Genética, ou biologia Humana; estilo de vida; ambiente e sistema de assistência e informação à saúde. Portanto, compreende



características do indivíduo - marcadores/fatores de risco- como idade, sexo, raça, herança genética, processo de envelhecimento natural e fatores externos ao organismo humano (CESSE, 2007).

Doenças não transmissíveis podem ser crônicas (de longa duração) ou agudas (efeitos em curto espaço de tempo), sendo mais comum na epidemiologia o tratamento das doenças crônicas não transmissíveis. Atualmente, as doenças não transmissíveis, em especial as crônicas, são consideradas um sério problema de saúde pública, e já são responsáveis por 58,5% das mortes e 45,9% da carga de doença no mundo, segundo estimativas da Organização Mundial da Saúde (SUS, 2013).

No Brasil, segundo levantamento de 2011 do sistema de Serviço Único de Saúde (SUS), as DCNT (Doenças crônicas não transmissíveis) são a causa de 72% das mortes e aproximadamente 75% dos gastos com atenção à saúde. Segundo dados do portal do Sistema Único de Saúde, as quatro DCNT de maior impacto mundial são: doenças cardiovasculares, diabetes, câncer e doenças respiratórias crônicas. Os fatores de risco individual podem ser enumerados em modificáveis (costumes, vícios) e não modificáveis (idade, sexo e raça). Enquanto que os fatores de risco externo para desenvolvimento dessas doenças são enumerados a seguir. (BRASIL, 2008):

- desigualdades sociais,
- diferenças no acesso aos bens e aos serviços,
- baixa escolaridade,
- renda e as desigualdades no acesso à informação

É notável o efeito do meio ambiente na saúde pública e a mobilização dos governantes em desenvolver políticas de minimização das doenças não transmissíveis, já que estas são muito dispendiosas para o governo. A preocupação com os problemas ambientais, radiações ionizantes e contaminação química sobre os efeitos à saúde pública tem aumentado acentuadamente, e tem levado à comunidade científica a investir em estudos epidemiológicos, em especial, a partir da segunda metade do século XX. (LAURENTI, R.; JORGE, M.; GOTILEB, S.; 2004).

Entretanto, as estatísticas de dados obtidos em fontes confiáveis no Brasil, nem sempre são úteis ou podem ser usadas em pesquisas, já que é elevado o número de óbitos por “causas mal definidas” ou “diagnósticos incompletos”. Sendo assim, os dados apresentados nessa dissertação, estão à mercê desta imperfeição do Sistema de Informações Hospitalares do SIH-SUS ou do Sistema de Informações sobre Mortalidade. . (LAURENTI, R.; JORGE, M.; GOTILEB, S.; 2004)

Dados obtidos na Rede Interagerencial (RIPSA) permitem analisar a proporção de internações hospitalares (SUS) por causas externas e por grupos de causas. Há um senso mais recente que o de 2005, todavia, o senso (2011) não apresenta os dados relacionados de mortalidade, morbidade ou número de internações por causas externas de doenças não transmissíveis, assim como a relação de internações por neoplasias. As Tabelas 2 e 3 apresentam dois conjuntos de dados importantes na avaliação epidemiológica das doenças não transmissíveis.

Tabela 2: proporção de internações hospitalares (SUS) por causas externas no Brasil (2005). Fonte: Ministério da Saúde/SE/Datasus - Sistema de Informações Hospitalares do SUS - SIH/SUS.

Grupo de Doenças	Proporção de internações (%)
Quedas	41,79
Acidentes de Transporte	15,76
Intoxicações	2,53
Agressões	6,05
Lesões autoprovocadas voluntariamente	1,26
Demais Causas Externas	32,62
Total	100

**Tabela 3: Proporção de internações hospitalares (SUS) por grupos de causas (2005). Fonte: Ministério da Saúde/SE/Datasus - Sistema de Informações Hospitalares do SUS - SIH/SUS.**

Grupo de Causas	Proporção de internações (%)
Doenças infecciosas e parasitárias	8,68
Neoplasias	5,26
Transtornos mentais e comportamentais	2,67
Doenças do aparelho circulatório	10,34
Doenças do aparelho respiratório	13,70
Doenças do aparelho digestivo	8,53
Doenças do aparelho geniturinário	6,57
Gravidez, parto e puerpério	23,10
Causas externas	6,90
Demais causas	14,24
Total	100

Quanto a interpretação destas duas Tabelas (2 e 3), ela se faz mais coerente a medida que se estuda o efeito de cada componente químico no corpo humano. A associação de componentes químicos de resíduos sólidos é capaz de gerar desde um simples problema de pele até neoplasias mais graves, podendo levar a morte. Pode-se notar que as estatísticas tratam apenas da causa da morte e não da causa das neoplasias em si, que é o que importa para esse estudo. A seguir, serão comentados, por grupo, os efeitos tóxicos de vários agentes químicos e suas consequências e contribuições na saúde pública e ambiental.

O grupo de “metais pesados” engloba um grupo muito heterogêneo de metais, semi-metais e não metais (como, por exemplo, o selênio). (MUÑOZ, 2002). Os metais pesados são bastante comuns no lixo urbano e industrial. Estão presentes em pilhas, baterias, jornais, tintas, tecidos, têxteis, enlatados, e quaisquer produtos que gerem algum tipo de efluente ou resíduo sólido no processo produtivo que contenha metais pesados (MELO, 2003). Outro infortúnio da presença de metais pesados nos resíduos, é que, mesmo em concentrações baixas, eles afetam o desenvolvimento de bactérias decompositoras, podendo inibir o crescimento microbiano como também serem potencialmente perigosos para o meio ambiente e a saúde pública.

Os metais pesados caracterizam-se pelo efeito bioacumulativo. Em concentrações superiores às legalmente recomendadas, podem causar muitos problemas de saúde e uma série de doenças carcinogênicas, assim como danos no sistema nervoso central, no sistema hepático, renal, no sistema hematopoiético e no sistema esquelético. Será feita uma descrição sucinta dos principais metais tóxicos mais estudados pelos efeitos que provocam na saúde pública. (MUÑOZ, 2002). A seguir, são expostos alguns dos metais pesados que podem ser encontrados em resíduos sólidos inadequadamente dispostos no ambiente e seus efeitos conhecidos no organismo humano:

- Mercúrio: Existente na forma orgânica, inorgânica e elementar. A forma inorgânica também causa danos a saúde, porém é a forma orgânica a considerada mais tóxica e que passam de uma cadeia alimentar para outra. Podem causar muitas disfunções no sistema nervoso central e periférico (perda de memória, diminuição dos níveis de inteligência, tremores, distúrbio do sono e mudanças de personalidade, podendo levar a demência). Aborto, mal formação e vários tipos de câncer tem sido associados contato com mercúrio. (YOURTEE, 1994; BOISCHIO, 1996; CANMER et. al., 1996; GOYER, 1996; KOSATSKY et. al., 1996; URBAN et. al, 1996; WEISS, 1996 apud MUÑOZ, 2002, P. 45)

- Chumbo: Encontrados em diversos estados de oxidação é um dos mais nocivos entre os metais. A forma Pb^{2+} representa a maior causa dos problemas biológicos. (CEHN, 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 45). Há grande incorporação do chumbo pelo tecido ósseo, o que pode comprometer a absorção de cálcio e provocar processos degenerativos de osteoporose. Baixas concentrações de chumbo são capazes de inibir enzimas responsáveis pela catalisação da síntese de hemoglobina, o que pode levar a anemia. O chumbo também pode causar distúrbios no sistema hematopoiético, endócrino, renal e reprodutivo (BANK et. al., 1997; CORY, 1997; BUCHEIM et. al., 1998 apud MUÑOZ, 2002, p. 45).

- Manganês: Mineral essencial, porém tóxico quando absorvido em excesso. Pode levar a deficiências neurológicas e transtornos comportamentais. (HUDNELL, 1999; LAI et.al., 1999; MERGLER et. al., 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 46). Os sintomas de neurotoxicidade do manganês envolvem também funções sensoriais, cognitivas e fisiológicas. Pode desencadear sintomas de disfunção extrapiramidal que apresenta sinais da doença de Parkinson. (BEUTER et. al., 1999; GORELL et. al., 1999; IREGREN, 1999; KEEN et. al., 1999; LAI et. al., 1999; PAL et al. apud MUÑOZ, 2002, p. 46).



- **Cadmio:** Capaz de causar danos neurológicos, mialgia, deformações no esqueleto, disfunção renal, perda de olfato, aberrações cromossômicas, como também remoção de cálcio dos ossos. Tem sido associado ao câncer e outras doenças mutagênicas. (KREISS, 1990; STOEWSAND et al., 1990; FU et. al., 1999; KELLEY, 1999; VIAENE et al., 1999; STAESSEN et. al., 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 47).
- **Cromo:** Provoca sérios efeitos quando inalado. É um carcinogênico muito potente na sua forma hexavalente. É associado a existência de tumores malignos de pulmão e danos renais. (BECKER, 1999; FLORA, 2000 apud MUÑOZ, 2002, p. 48). É um poderoso irritante das mucosas e da pele. (SNYDER et. al., 1997; COSTA, 1998; BARCELOUX, 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 48).
- **Cobre:** É um micronutriente essencial a vida humana. Entretanto em excesso pode levar a problemas gastrointestinais, como náuseas, diarreia e vômito. (PIZARRO et. al., 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 48). Existem casos graves de câncer de pulmão e cirrose causados por intoxicação por cobre. (WHO, 2001 apud MUÑOZ, 2002, p. 48).
- **Zinco:** Se ingerido em quantidades superiores às necessitadas pelo organismo, pode produzir irritação e corrosão do trato intestinal, podendo levar a nefrite. Pode provocar fadiga, febre, mialgia e câncer em alguns casos. (BARCELOUX, 1999 apud MUÑOZ, 2002, p. 49).

Dentre os compostos orgânicos mais tóxicos aos seres vivos destacam-se as dioxinas, os furanos e os organoclorados. Dioxinas e furanos são duas classes de compostos aromáticos tricíclicos, de função éter, com estrutura quase planar e que possuem propriedades físicas e químicas semelhantes. (ASSUNÇÃO, J. PESQUERO, C.; 1999). Átomos de cloro podem se ligar aos anéis benzênicos, formando um grande número de congêneres. De todas as dioxinas e furanos existentes, 17 compostos com substituições nas posições 2,3,7 e 8 são importantes do ponto de vista toxicológico. (GROSSI, 1993 apud ASSUNÇÃO, J. PESQUERO, C.; 1999).

Em sua maioria, dioxinas e furanos podem levar ao aparecimento de tumores nos seres humanos e animais. Acredita-se que as dioxinas possam provocar efeitos adversos no sistema reprodutivo dos organismos e no desenvolvimento. Atuam também no sistema imunológico tornando-o deficiente. Seus efeitos tóxicos podem atingir também o sistema endócrino e provocar doenças crônicas sérias como a diabetes mellitus, hepatologias e mudanças na produção de diversos tipos de hormônios no organismo. Danos neurológicos, problemas cardíacos e de pele também podem ser incluídos nessa vasta lista de doenças crônicas não transmissíveis causadas por resíduos sólidos com constituintes orgânicos, em especial as dioxinas.

O contato com as dioxinas e furanos pode se dar de duas formas: direta (poluição atmosférica) e a indireta (contaminação do solo, água e produtos alimentícios). A dioxina tem um alto poder bioacumulativo, sendo, por isso, muito perigosa para os seres vivos. A Figura 3 apresenta, em colunas, uma relação de alimentos que contêm pequenas doses de dioxina e que se ingeridos frequentemente podem gerar sérios danos ao longo da vida.

Pode-se ainda agregar ao estudo, o rol de composto químicos encontrados em agrotóxicos. Fato é que há uma infinidade de compostos químicos nos resíduos sólidos e suas interações podem gerar surtos de doenças não transmissíveis. Sendo assim, deve-se ater às tecnologias de tratamento de resíduos, de forma a evitar disseminação de doenças e sobrecarga do sistema de saúde.

CONCLUSÃO

O estudo veio ao encontro de um tema muito importante de saúde pública dos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Novas tecnologias e acesso fácil às fontes de informação tem tornado a vida globalmente interligada, entretanto, atrás de tanto avanço tecnológico, vê-se um aumento crescente da poluição e fontes de contaminação. E ainda, resta comprovado que quanto maior o desenvolvimento da população, maior tende a ser o consumo, não sendo incomum o desenvolvimento acelerado da produção sem a adequada atenção aos impactos ao meio ambiente.

Como visto, a toxicidade está associada aos arranjos químicos das moléculas e às ligações que estas fazem com outros átomos ou compostos. Componentes tóxicos podem provocar sérios problemas de saúde pública. Surge aí um tema da civilização contemporânea: Doenças não transmissíveis associadas a compostos tóxicos de resíduos sólidos não devidamente dispostos em aterros especiais. É fato que neoplasias e intoxicações são registros que têm aumentado se comparados com infecções e mazelas mundo novo (malária, dengue e outras).

Estudos recentes tem mostrado que há a necessidade de se investir nessa área. São muitos os campos a serem devastados. Esse estudo adentrou no problema e trouxe discussões importantes acerca da relação toxicidade e epidemiologia e das doenças não transmissíveis causadas por resíduos sólidos. Ficando demonstrada sua relevância científica, social e ambiental.



Portanto, devido às vastas classificações existentes, é necessário atenção e cautela no enquadramento ou determinação do poder toxicológico de um resíduo sólido, já que a existência de vários compostos e a interação entre estes podem intensificar seus efeitos à saúde pública e ambiental. Como há poucos registros de níveis tóxicos de compostos na literatura, o ideal é realizar ensaios para determinar o efeito da interação sobre o ambiente como um todo, tendo em vista que testes com animais ainda são muito pouco expressivos dos efeitos deletérios que um composto pode ter sobre a saúde humana.

REFERÊNCIAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1004:2004: **Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.
2. Assunção, J. V. Pesquero, C. R. **Dioxinas e furanos: origens e riscos**. Rev. Saúde Pública [online]. 1999, vol.33, n.5, pp.523-530. ISSN 1518-8787.
3. Arenzon, A.; Neto, T.; Gerber, W. **Manual sobre toxicidade em efluentes industriais**. 1ª ed. Porto Alegre. FIERGS, 2011.
4. Brasil. **Diretrizes e recomendações para o cuidado integral de doenças crônicas não transmissíveis**. 2008. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/mp3/diretrizes_recomendacoes_dcnt.pdf. Acesso dia 01 de outubro de 2013.
5. Cesse, E. A. P. **Epidemiologia e Determinantes Sociais das Doenças Crônicas Não Transmissíveis no Brasil**. Tese de doutorado em saúde pública. FIOCRUZ. Recife, 2007.
6. Costa, C. R. et al. **A Toxicidade em ambientes aquáticos: Discussão e Métodos de Avaliação**. Química Nova. São Paulo, SP, v.31, n. 7, p. 1820 – 1830, Jan./Set. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n7/v31n7a38.pdf>. Acesso dia 23 de setembro de 2013.
7. Fiocruz. **Biossegurança Hospitalar: dados**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material11.htm>. Acesso em: 11 de setembro de 2019.
8. Higa, M. **Aplicação de ensaios de toxicidade na avaliação da eficiência da radiação ionizante e da adsorção em zeólitas para o tratamento de efluentes coloridos**. 2008. 96 f. Dissertação (mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear- Aplicações). Ipen. São Paulo, 2008.
9. Laurenti, R.; Jorge, M.; Gotlieb, S.. **A confiabilidade dos dados de mortalidade e morbidade por doenças crônicas não-transmissíveis: Ciência e Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, RJ, v.9, n 4, Oct./Dec. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232004000400012&script=sci_arttext. Acesso dia 30 de setembro de 2013.
10. Melo, M.C. **Uma análise de recalques associada a biodegradação no aterro de Resíduos Sólidos da Muribeca**. Dissertação de Mestrado, UFPE, 2003.
11. Muñoz, S. **Impacto ambiental na área de aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto-SP: Avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 158 fls. (Saúde Ambiental) – USP, Ribeirão Preto, 2002.
12. Rodrigues, N. L. B., Urivald, P. **Testes de toxicidade aguda através de bioensaios no extrato solubilizado dos resíduos classe II A – não inertes e classe II B – inertes**. Engenharia. Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. Jan./Mar. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522007000100002&script=sci_arttext. Acesso em: 25 de setembro de 2019.
13. SUS. Sistema Único de Saúde. Portal da Saúde. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/saude/profissional/visualizar_texto.cfm?idtxt=31877&janela=1. Acesso dia 02 de outubro de 2013.
14. Zagato, P. A. **Ecotoxicologia e Desenvolvimento Sustentável: Perspectivas para o Séc. XXI**. VI Encontro de Ecotoxicologia, Mini-curso: Ecotoxicologia Aquática. São Carlos, SP. 2000.