

Ministério da Saúde

FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA
SERGIO AROUCA
ENSP

Vladimir de Oliveira Kneipp

Resíduos de amianto: potencial para contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente

Rio de Janeiro

2019

Vladimir de Oliveira Kneipp

Resíduos de amianto: potencial para contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública. Área de Concentração: Vigilâncias e Avaliação de Saúde

Orientador (a): Maria de Fátima R. Moreira

Rio de Janeiro

2019

Asbestos wastes: potential for contamination of workers, populations and the environment

Catálogo na fonte
Fundação Oswaldo Cruz
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde
Biblioteca de Saúde Pública

K68r Kneipp, Vladimir de Oliveira.
Resíduos de amianto: potencial para contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente / Vladimir de Oliveira Kneipp. -- 2019.
55 f. : il. color. ; tab.

Orientadora: Maria de Fátima R. Moreira.
Dissertação (mestrado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2019.

1. Saúde do Trabalhador. 2. Asbestos. 3. Exposição Ocupacional.
4. Resíduos. 5. Meio Ambiente. 6. Eliminação de Resíduos. 7. Resíduos Sólidos. I. Título.

CDD – 23.ed. – 363.11

Vladimir de Oliveira Kneipp

Resíduos de amianto: potencial para contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saúde Pública da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde Pública. Área de Concentração: Vigilâncias e Avaliação de Saúde

Aprovada em: 15 de julho de 2019

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Vanda D'Acri

Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Prof.^a Dr.^a Simone Santos Silva Oliveira

Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima Ramos Moreira

Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Rio de Janeiro

2019

In memoriam de José Wilson de Oliveira, que teve sua criatividade, sua arte autodidata, seu entusiasmo de viver, sua força de trabalho e sua presença, entre os que o admiravam, precocemente ceifados em decorrência de uma asbestose.

In memoriam das demais vítimas do amianto em todo o planeta.

AGRADECIMENTOS

À Deus, senhor de todas as realizações.

In memoriam dos meus amados e falecidos pais.

À minha esposa e meu filho pela compreensão quanto a alguns instantes de minha ausência.

À FIOCRUZ / ENSP / CESTEJ pela excelência e extrema dedicação do corpo acadêmico envolvido no presente projeto.

Aos queridos professores e colegas de turma pelos bons momentos de convívio e aprendizados.

À orientação, em especial à coordenação e às orientadoras da conclusão, pela inestimável compreensão, bondade e atenção.

À Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro SMS-RJ pelas condições de execução e comprometimento com as metas de capacitação pessoal.

Ao SUS pelo inestimável suporte às instituições que propiciaram a realização da presente formação e respectivo trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do presente trabalho.

"... o múltiplo e variado campo semeado de doenças para aqueles que necessitam ganhar salário e, portanto, terão de sofrer males terríveis em consequência do ofício que exercem, prolifera, (...) devido a duas causas principais: a primeira, e a mais importante, é a natureza nociva da substância manipulada, o que pode produzir doenças especiais pelas exalações danosas, e poeiras irritantes que afetam o organismo humano; a segunda é a violência que se faz à estrutura natural da máquina vital, com posições forçadas e inadequadas do corpo, o que pouco a pouco pode produzir grave enfermidade (RAMAZZINI, 1713)".

RESUMO

A cadeia produtiva do amianto integra um conjunto de outras fontes de produção que a partir da revolução industrial de meados do século XIX deram início a grandes mudanças no planeta. Uma das consequências dessas mudanças é a atual questão ambiental e de saúde pública da produção mundial de resíduos. Um problema devastador por desestabilizar vários sistemas ecológicos e humanos. Nesse contexto os resíduos sólidos perigosos do amianto estão entre os maiores problemas a serem enfrentados. A partir da segunda metade do século XX, estudos passaram a demonstrar a relação direta entre inalação por exposição às fibras de amianto e a causa de um grupo de doenças mortais que incluem fibroses e o câncer. Em consequência, atualmente mais de cinco de dezenas de países já baniram o uso do amianto e, muitos outros começaram a proibir a utilização de produtos contendo amianto. Apesar das crescentes proibições, em muitas partes do mundo ainda existe um grande volume de comercialização, bem como a presença de produtos e construções contendo amianto. O envelhecimento desses produtos e os eventos que possam causar exposição durante a remoção continuam representando riscos ambientais à saúde das pessoas associados à inalação das fibras contidas nesses materiais. Por essas razões, muitas comunidades estão desenvolvendo planos para uma gestão segura nas ações de remoção do amianto. Os resíduos contendo amianto são descartados em aterros controlados, essa prática não elimina definitivamente os problemas relacionados com a permanência das fibras no meio ambiente e os conflitos em relação às ideias sustentáveis de uso da terra, reciclagem e ciclos fechados de materiais. Por conseguinte, estudos têm produzido publicações científicas e patentes propondo alternativas tais como tratamentos físicos, químicos ou biológicos objetivando a desintoxicação dos resíduos contendo amianto ou a redução de seus efeitos na saúde. A esses estudos e iniciativas está agregada a busca de novas tecnologias que permitam os processos de redução dos resíduos. Entre os objetivos da presente dissertação estão a apresentação de algumas dessas inovações e a evolução dos processos que busquem apresentar soluções mundiais para a destinação dos resíduos procurando entender o potencial dos resíduos sólidos de amianto para a contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente.

Palavras-chave: Saúde do trabalhador. Asbesto. Exposição Ocupacional. Resíduos. Meio ambiente.

ABSTRACT

The asbestos production chain integrates a set of other production sources that from industrial revolution of the mid-19th century have initiated major changes on the planet. One consequence of these changes is the current environmental issue and public health of world waste production. A devastating problem that destabilizing several ecological and human systems. In this context, the hazardous solid wastes of asbestos are among the major problems to be faced. From the second half of the 20th century, studies have shown the direct relationship between inhalation by exposure to asbestos fibers and the cause of a group of fatal diseases, including fibrosis and cancer. As a result, currently over five dozen countries have already banned the use of asbestos and many others have begun to prohibit the use of products containing asbestos. Despite increasing bans, in many parts of the world there is still a large amount of commercialization, as well as the presence of products and constructions containing asbestos. The aging of these products and the events that may cause exposure during removal of them, keep representing environmental risks to human health associated with inhalation of the fibers contained in these materials. For these reasons, many communities are developing plans for safe management of asbestos removal. The wastes containing asbestos are disposed in controlled landfills. This practice does not definitely eliminate the problems related to the persistence of fibers in the environment and the conflicts related to sustainable land use ideas, recycling and closed material cycles. Accordingly, studies have produced scientific publications and patents proposing alternatives such as physical, chemical or biological treatments aimed at detoxifying of wastes containing asbestos or reducing their health effects. To these studies and efforts is aggregated a search for new technologies in order to promote the waste reduction processes. The present study mainly aims to show some innovations and the evolution of processes that search for global solutions for waste destination. In addition, this study intends understand the potential of solid asbestos waste in contamination of workers, populations and the environment.

Keywords: Worker's health. Asbestos. Occupational Exposure. Waste. Environment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

DESCRIÇÃO	PÁGINA	
Figura 1	Imagem microscópica de Crisotila e representação da estrutura tetraedro em cadeia dupla ‘silicato de folhas’ (a’).	19
Figura 2	Imagem microscópica de Anfibólio (b) e representação das estruturas tetraedro em cadeia dupla (b’) ‘silicatos de cadeia’	19
Figura 3.	Cadeia produtiva do amianto crisotila no Brasil	22
Figura 4	Transporte irregular de amianto por caminhões, com caçamba e carroceria abertas, em vias públicas	32
Figura 5	(A) microscopia eletrônica de uma amostra inicial de amianto anfibólio puro; (B) a amostra de amianto anfibólio puro após o tratamento térmico; (C) a amostra inicial de um de cimento-amianto comercial para tubos externos e telhados; (D) amostra de amianto-cimento após tratamento térmico.	39
Figura 6	Descarte inadequado de materiais de construção na Rua Projetada C, Vila Pinheiro - Maré – Rio de Janeiro.	46
Figura 7	Descarte inadequado de materiais de construção na Rua Prefeito Júlio de Moraes Coutinho, Bairro Caju – Rio de Janeiro.	46

LISTA DE TABELAS

DESCRIÇÃO	PÁGINA
Tabela 1 Principais tipos de amianto e suas respectivas fórmulas	16
Tabela 2 Diferença da composição química (%) típica entre crisotila, tremolita e amosita.	17
Tabela 3 Propriedades físicas e químicas do asbesto	18
Tabela 4 Consumo estimado de asbesto (em toneladas), maiores consumidores mundiais – 2012 a 2016.	24
Tabela 5 Total de consumo do amianto na América do Sul em relação ao total no mundo (em toneladas).	25
Tabela 6 Tratamentos e transformações dos resíduos do amianto	38
Tabela 7 Modelos adotados em alguns países	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADI	Ação Direta de Inconstitucionalidade
BVS	Biblioteca Virtual da Saúde
CAS	Chemical Abstract Service
CF	Constituição Federal
CID	Código Internacional de Doenças
DRA	Doenças Relacionadas ao Amianto
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPPE	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pesquisa e Pós-Graduação em Engenharia
CETESB	Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico
CTR	Centro de Tratamento de Resíduos
DNPM	Departamento Nacional de Pesquisas Mineralis
DNA	<i>deoxyribonucleic acid</i>
DRA	Doenças Relacionadas ao Amianto
EASEWASTE	<i>Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies</i>
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ERN	Espécie Reativa de Nitrogênio
ERO	Espécie Reativa de Oxigênio
EU	<i>European Union</i>
EPI	Equipamento de proteção individual
IARC	International Agency for Research in Cancer
IBC	Instituto Brasileiro de Crisotila
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde

MME	Ministério das Minas e Energia
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
NCBI	<i>U.S National Library of Medicine National Institute</i>
NCMs	Nomeclatura Comum do Mercosul
NR	Normas Regulamentadoras
NSA	<i>National Academy of Sciences</i>
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPASBRA	Organização Panamericana de Saúde Brasil
OSHA	<i>Occupational Safety of Health Administration</i>
PGR	Programa de Gerenciamento de Resíduos
PNMC	Programa Nacional sobre Mudanças do Clima
PNRS	Programa Nacional de Resíduos Sólidos
QSS	<i>Quebec Screening Stage</i>
RCC	Resíduos da Construção Civil
RS	Resíduos Sólidos
RSCC	Resíduos Sólidos da Construção Civil
RSPA	Resíduos Sólidos Perigosos do Amianto
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
STF	Supremo Tribunal Federal
SUS	Sistema Único de Saúde
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UN	<i>United Nations</i>
USGS	<i>U.S. Geological Survey Minerals Yearbook.</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	15
3	METODOLOGIA	15
4	AMIANTO: CARACTERÍSTICAS, USOS E APLICAÇÕES, CADEIA PRODUTIVA, PRODUÇÃO, COMERCIALIZAÇÃO, CONSUMO, EXPOSIÇÃO E EFEITOS	16
4.1	Características químicas e físicas	16
4.2	Usos e Aplicações	19
4.3	Cadeia produtiva no Brasil	21
4.4	Produção, comercialização e consumo	22
4.5	Exposição e efeitos do amianto	25
5	MARCO LEGAL APLICÁVEL À CADEIA PRODUTIVA E AO DESCARTE DO AMIANTO	29
6	TRANSPORTE E DESCARTE E DESTINAÇÃO FINAL DO AMIANTO	31
6.1	Transporte do Amianto	31
6.2	O descarte dos resíduos sólidos no Brasil	32
6.3	O descarte dos resíduos na União Europeia	35
6.4	A destinação final dos resíduos do amianto	37
6.5	A cadeia envolvida no transporte, descarte e destinação do amianto	39
7	EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL DURANTE O TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DO AMIANTO	41
8	SUBSÍDIOS PARA TOMADA DE DECISÕES E PLANEJAMENTO	42
8.1	O descarte do amianto no Rio de Janeiro	45
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Os processos produtivos decorrentes da ação humana, no transcorrer da história e, principalmente, a partir do século XIX têm desencadeado situações de agressões ao meio ambiente e sociedade, em uma velocidade sem precedentes. O modelo de vida social e produtiva tem se baseado na lógica do consumo exacerbado e larga produção industrial. Dessa forma, os impactos sobre o meio ambiente, sobre a saúde dos trabalhadores e da população surgem com grande intensidade (TAMBELLINI, 2012).

Os avanços da ciência a partir do século XX introduziram na organização do processo produtivo uma nova forma de ganhos, que ampliados pela instrumentação e racionalidade científica dão origem a novos produtos. As substâncias químicas passaram a integrar a composição desses produtos do mesmo modo que os riscos à saúde inerentes a essa utilização em larga escala de consumo (TAMBELLINI, 2012).

O aumento da produção e sua diversificação foram acompanhados por mudanças como o aumento da população mundial e a concentração de grande parte desse contingente populacional nos grandes centros urbanos, propiciando o surgimento desordenado de áreas vulneráveis em razão do êxodo. Do mesmo modo, esse crescimento populacional contribuiu para ampliação desorganizada do consumo de produtos industrializados e a decorrente produção de resíduos contendo substâncias que podem persistir no ambiente e produzir efeitos deletérios sobre a saúde humana e animal (PAULO, 2011; RIAL, 2016).

No contexto mundial, as mudanças produzidas pela demanda explosiva de consumo contribuíram para a concentração de instalações industriais. Em muitos casos, essas indústrias são responsáveis pela geração de resíduos e acúmulo de contaminantes nas áreas circunvizinhas aos grandes centros urbanos (CÂMARA, et al, 2011).

A transformação da matéria-prima gera riquezas na forma de produtos. Em contrapartida, gera também a necessidade de soluções para o descarte dos resíduos produzidos durante os processos que incluem a produção e o ciclo final do consumo (POTT, 2018).

Os subprodutos resultantes desses processos podem afetar a saúde dos trabalhadores expostos, compartimentos ambientais e populações, principalmente por meio das substâncias químicas envolvidas e microorganismos, que contaminam o ambiente (CÂMARA, et al, 2011).

O amianto ou asbestos é uma fibra de origem mineral derivada de rochas, que, por processo natural de recristalização, transforma-se em material fibroso. Atualmente no Brasil, atividades, tais como mineração, moagem, transporte e fabricação de produtos que contenham asbestos, envolvem cerca de dez mil trabalhadores bem como há um número indeterminado

de expostos a esse mineral em atividades da construção civil, lojas de reparo do veículo, manutenção industrial e outros (FURUYA, 2018). Aproximadamente três mil produtos contendo amianto são utilizados em vários segmentos de diversos países, cuja utilização é permitida. O setor com maior concentração desses produtos é o da construção civil, responsável por grande parte da geração desses resíduos. Deste modo, é possível encontrar fragmentos de amianto na composição dos resíduos sólidos da construção civil (RSCC) (CASTRO, 2003; ONU, 2016).

A industrialização do asbesto resulta na produção do resíduo sólido perigoso de amianto (RSPA), que tem produzido áreas contaminadas, afetando as populações residentes no entorno das mesmas. A periculosidade dos RSPA decorre da presença de um composto de fibras de asbestos e cimento denominado cimento-amianto, utilizado na fabricação de muitos materiais para a construção civil. A utilização do amianto confere características a esses produtos que os destacam e qualificam aos interesses econômicos (ALGRANTI, 2015; GIANASSI, 2012).

Apesar de o comércio de fibras e produtos de amianto estar relacionado diretamente à economia de diversos países, seu banimento já é uma realidade em mais de cinquenta nações. A exposição às fibras do amianto tem sido associada a um conjunto de enfermidades, descrito em um grande número de publicações. Entretanto, seus efeitos só ocorrem algumas décadas após a exposição (ALGRANTI, 2015; FURUYA, 2018; GIANASSI, 2012; UGS 2018).

No Brasil, os resíduos resultantes do amianto são classificados como resíduos sólidos perigosos classe D, segundo a Resolução 348/ 2004 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Em função de sua toxicidade, esse tipo de resíduo requer procedimentos específicos em sua eliminação. Sua destinação deve ser realizada em aterros ou depósitos especiais e, durante a remoção, deve estar devidamente embalado de acordo com as normas vigentes. A inobservância desses procedimentos amplia os riscos de contaminação da população e meio ambiente (CONAMA, 2004).

Deste modo, é possível inferir que a industrialização do amianto deixa marcas no meio ambiente e na sociedade. Estes sinais se refletem na contaminação do solo, ar atmosférico e, em determinadas situações, no aporte e qualidade da água; em um ciclo que inicia com a extração da matéria-prima, industrialização, consumo e, descarte dos resíduos resultantes dos processos. Os riscos inerentes ao modelo de produção transcendem seus próprios limites atingindo os trabalhadores e população, assim como o meio ambiente por meio da degradação (JACOBI, 2011; MINAYO, 2002).

A busca por soluções, que eliminem ou mitiguem os danos decorrentes da industrialização, consumo e resíduos do amianto, baseia-se na crescente comprovação de sua associação aos agravos à saúde humana, nas propostas de banimento e compromissos decorrentes de agendas mundiais de preservação do meio ambiente, de desenvolvimento sustentável e preservação da vida (OPAS, 2018; WHO, 2015).

Números globais estimados de incidência e mortalidade das doenças relacionadas ao asbesto foram examinados e os resultados apontaram para o amianto como causa de aproximadamente 255.000 mortes por ano, sendo as exposições ocupacionais responsáveis por 233.000 mortes. Neste contexto, novos estudos "locais" podem mostrar o tamanho do problema no país e fornecer informações importantes sobre a exposição, bem como os impactos sobre a saúde relacionados ao amianto (ALGRANTI, 2015; FURUYA, 2018).

Apesar da relevância, a apreciação dessas questões tem sido insipiente, visto que os projetos nesse sentido são afetados pelos interesses econômicos. A destinação dos RPSA está pouco contemplada entre aqueles que planejam a gestão dos resíduos, cujas maiores inovações estão predominantemente sob a administração privada. As ações mais efetivas demandam investimentos significativos dos setores responsáveis (UN, 2018).

O fluxo comercial do amianto ao redor do mundo contrasta com as propostas de redução do consumo e banimento, e mais ainda, com as ações institucionais de gestão dos resíduos resultantes desse fluxo. De acordo com relatórios de instituições como U.S. Geological Survey Minerals Yearbook (USGS, 2019) e Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), o consumo mundial de amianto ainda se encontra ativo. Entretanto, no Brasil, em recente decisão, o Supremo Tribunal Federal (STF) reafirmou a declaração de inconstitucionalidade do artigo 2º da Lei Federal 9.055/1995, e estabeleceu a proibição, uso e transporte em âmbito nacional (BORGES, 2014; BRASIL, 2017).

Trata-se de uma cadeia produtiva em que a transformação do asbesto resulta em aproximadamente três mil produtos, utilizados em vários segmentos. O setor com maior concentração desses produtos é o da construção civil, responsável por grande parte da geração dos RSPA (CASTRO, 2003; ONU, 2016).

As diversas formas de adoecimentos por exposição às fibras de asbestos ocorrem durante o processo de industrialização, utilização, descarte em seu ciclo final ou, após o período de latência, algumas décadas depois (FURUYA, 2018).

A monografia da IARC estabelece que há evidências suficientes em humanos e animais para a carcinogenicidade de todos os tipos de asbestos. Este mineral causa

mesotelioma, câncer de pulmão, laringe e ovário, entre outros. Assim, esta agência classifica todas as formas de asbestos como carcinogênicas para humanos (grupo 1) (IARC, 2018).

A Organização Mundial de Saúde (OMS), no comprometimento com a adoção de medidas para eliminar as doenças relacionadas ao asbesto (DRA), incluiu, como uma de suas estratégias, a prevenção da exposição ao asbesto instalado e durante os processos de remoção dos mesmos, assim como seu banimento. A busca de solução para remoção ou eliminação dos RPSA e demais resíduos tem sido pautada nos principais fóruns mundiais voltados para sobrevivência sustentável no planeta (UN 2018; WHO, 2015).

A destinação inadequada para o resíduo do amianto e de seus produtos pode retroalimentar a exposição às fibras tornando persistente o risco da contaminação humana e ambiental. Ao mesmo tempo, diminui as possibilidades de atenuação dos efeitos em razão da redução gradativa (em longo prazo) da exposição pelo uso/consumo de asbesto no mundo (DI CHIRICO, 2013).

A partir de estudo sobre a destinação inadequada dos resíduos de amianto e seus produtos, da retroalimentação do mecanismo de exposição pela presença dos resíduos de instalações remanescentes, da persistência do fluxo de consumo por mercados exportadores e importadores, pode-se constatar a permanência das condições de exposição às fibras do amianto. Assim, o risco de contaminações humana e ambiental torna-se persistente (OPAS, 2018).

A presente pesquisa, que resulta de busca bibliográfica em bases indexadas e fontes diversas, visa fornecer evidências em relação à toxicidade, exposição ambiental e ocupacional, processos de adoecimento, doenças relacionadas ao amianto e disposição de seus resíduos. Dessa forma, pode subsidiar a tomada de decisões na gestão dos RSPA bem como contribuir para novas pesquisas de tecnologias que possam mitigar os danos ambientais e humanos.

Feitas as considerações acima, a realização deste trabalho se justifica pela relevância do objeto na busca de contribuir para o estudo de descarte adequado e processos de eliminação dos resíduos sólidos perigosos do amianto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar o potencial das formas de transporte e descarte dos resíduos sólidos de amianto para a contaminação de trabalhadores, populações e meio ambiente.

2.2 Objetivos Específicos:

- Sistematizar a cadeia produtiva do amianto;
- Identificar as formas de transporte, descarte e destinação final dos resíduos do amianto;
- Apontar o potencial para exposição de trabalhadores, população em geral e meio ambiente durante o transporte e destinação dos resíduos do amianto;
- Fornecer subsídios para tomada de decisões e planejamento de intervenções.

3. METODOLOGIA

Nesse estudo de caráter exploratório e qualitativo, realizou-se revisão da literatura e análise documental. Levantaram-se documentos, normas técnicas e legislações em vigor, com enfoque na saúde do trabalhador e na saúde ambiental. O processo incluiu as legislações, atualizações sobre o descarte e integridade dos trabalhadores envolvidos e técnicas atuais utilizadas nos países envolvidos em situações análogas.

A investigação bibliográfica foi realizada a partir da base de dados da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *U.S National Library of Medicine National Institute* (NCBI) – PubMed. Foram consideradas como critério de inclusão, publicações que apresentassem coerência com os objetivos desta pesquisa; que estivessem indexadas às bases de dados e resultantes de publicações preferencialmente em idioma português, espanhol, inglês e com texto completo. Foram excluídas as publicações que não atendiam aos propósitos da pesquisa.

Outras fontes como livros, revistas, periódicos e a internet integraram as pesquisas, com abrangência de dez anos para o período de publicação e área de conhecimento, sempre buscando os dados mais atualizados, sem prejuízo de fontes de outros períodos, incluídos em complemento ao previsto. Para a busca bibliográfica foram utilizados descritores, tais como: saúde do trabalhador; asbestos; Exposição Ocupacional; Resíduos; Ambiente.

4. AMIANTO: CARACTERÍSTICAS, USOS E APLICAÇÕES, CADEIA PRODUTIVA, PRODUÇÃO, COMERCIALIZAÇÃO, CONSUMO, EXPOSIÇÃO E EFEITOS

4.1 Características químicas e físicas do amianto

O amianto ou *asbestos* é uma fibra de origem mineral, derivada de rochas metamórficas eruptivas que, por processo natural de recristalização, transforma-se em material fibroso. Compõe-se de silicatos hidratados de magnésio, ferro, cálcio e sódio e se divide em dois grandes grupos: serpentinas (crisotila ou amianto branco) e anfibólios (tremolita, actinolita, antofilita, amosita e crocidolita) (CASTRO, 2003).

De acordo com a *Environmental Protection Agency* (U.S. EPA), o nome “asbesto” recebeu uma definição legal para a palavra, ficando limitado aos minerais fibrosos dos grupos crisólitos e anfibólios. Por outro lado, a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) define que a fibra de asbesto deve ter comprimento maior do que 5 mm e a razão entre comprimento e largura igual a 3:1 nas análises das amostras (BARBALACE, 2004; U.S. EPA, 2016).

O crisotila é a única variedade fibrosa (amianto branco) do grupo da serpentina. O grupo do anfibólio contém as variedades crocidolita (amianto azul), amosita (amianto marrom), tremolita, antofilita e actinolita. As fibras do crisotila são curvas, flexíveis e macias, enquanto que aquelas do anfibólio são retas, duras, pontiagudas (crocidolita) e quebradiças (antofilita e tremolita). O crisotila é um silicato hidratado de magnésio. Por outro lado, as fibras do anfibólio são ricas em ferro e cálcio. Os principais tipos de amianto e suas respectivas fórmulas podem ser encontrados na Tabela 1 (CETESB, 2017, IARC, 2018).

Tabela 1: Principais tipos de amianto e suas respectivas fórmulas

TIPO	FÓRMULA	CLASSIFICAÇÃO	COR	Nº CAS [#]
CRISOTILA	$[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]_n$	Grupo Serpentina	Branco	12001-28-5
TREMOLITA	$[\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$	Grupo Anfibólio	Branco/verde	14567-73-8
ACTINOLITA	$[\text{Ca}_2(\text{Mg}_9\text{F}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$	Grupo Anfibólio	Branco	12172-67-7
ANTOFILITA	$[(\text{Mg},\text{F}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$	Grupo Anfibólio	Branco	17068-78-9
AMOSITA	$[(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$	Grupo Anfibólio	Marrom	12172-73-5
CROCIDOLITA	$[\text{NaFe}^{2+}3\text{Fe}^{3+}2_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]_n$	Grupo Anfibólio	Azul	12001-28-4

[#]Código CAS: registro da substância no banco dados da Chemical Abstract Service (CAS).

Fonte: CETESB, 2017; IARC, 2018; MHE, 2019; U.S. EPA 2016.

A estrutura cristalina da fibra de crisotila em lâmina única é monoclinica e apresenta três categorias de comprimento de fibra, “longas”, “médias” e “curtas”, de acordo com a Escala de Triagem de Quebec (Quebec Screening Scale - QSS). As “longas” são maiores do que 10 mm e as “médias” são fibras entre 5 e 9 mm, enquanto que as “curtas” são abaixo de 5 mm. Outra característica marcante dessas fibras é a sua composição química, bastante diferente daquela dos anfibólios, conforme apresentado na Tabela 2 (BRESTEIN et al., 2006).

Tabela 2: Diferença da composição química (%) típica entre crisotila, tremolita e amosita.

Composto	Crisotila	Tremolita	Amosita
SiO ₂	40,90	55,10	49,70
Al ₂ O ₃	5,88	1,14	0,40
Fe ₂ O ₃	6,85	0,32	0,03
FeO	--	2,00	39,70
MnO	--	0,10	0,22
MgO	34,00	25,65	6,44
CaO	Traços	11,45	1,04
K ₂ O	0,02	0,29	0,63
Na ₂ O	0,03	0,14	0,09

Fonte: BRESTEIN et al., 2006.

O asbesto é resistente à maioria das substâncias químicas. Suas fibras não possuem odor ou sabor, assim como não migram pelo solo. Possuem ainda a característica de serem resistentes ao calor (não são inflamáveis), são insolúveis em água e solventes orgânicos, com exceção das fibras de crisotila que são solúveis em ácido. Tais características qualificam esse mineral como quimicamente inerte (para a maioria das formas) com ampla aplicação e uso ilimitado (ATSDR, 2019).

O asbesto apresenta propriedades físicas que incluem resistência à tensão, grande estabilidade térmica, resistência térmica e elétrica e não é inflamável. Suas fibras apresentam extrema flexibilidade a ponto de poderem ser utilizadas na confecção de tecidos. De acordo com sua composição química, pode apresentar colorações diferentes em função da presença ou ausência de elementos químicos como ferro ou sódio (U.S. EPA, 2016). A Tabela 3 apresenta uma síntese desses dados.

Tabela 3: Propriedades físicas e químicas do asbesto

Sistema	Monoclínico
Hábito	Granulado, maciço, fibroso e filiforme
Dureza	3- 3,5 (antigorita) 2 - 3(crisotila)
Peso específico	Antigorita 2,55-2,58 Crisotila de 2,36 - 2,50
Cor	Branco, verde (em todas as tonalidades), amarelo. Raias brancas
Brilho	Fechado e sedoso
Esfoliação	Não reconhecível a causa de sua configuração
Fratura	Concooidal a fibrosa
Tenacidade	Macio
Resistência	Térmica, elétrica, a fricção, a agentes químicos e a microorganismos
Capacidade como isolante	Térmico, elétrico e acústico
Capacidade de elasticidade	Flexibilidade (tipos fibrosos)
Ponto de Fusão	800-1000 °C, exceto para o tipo crisotila.

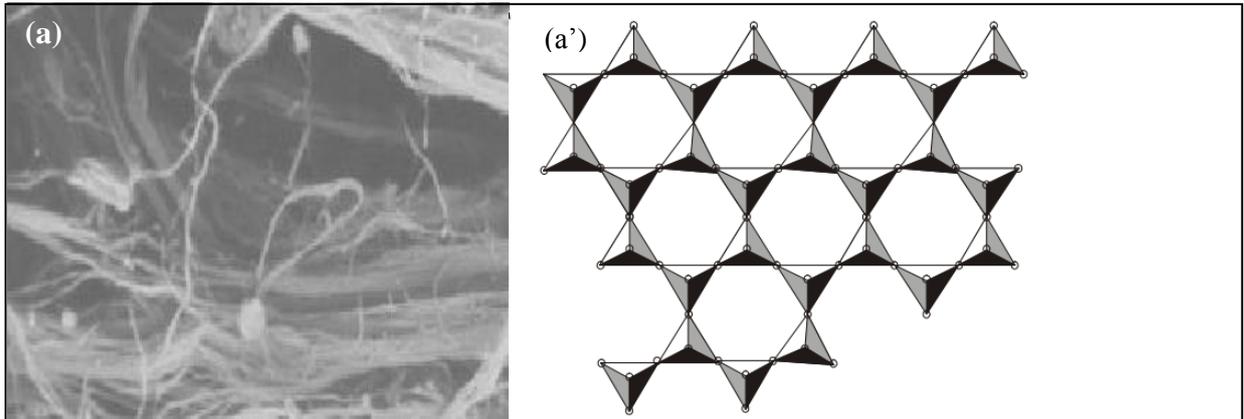
Fonte: (ATSDR, 2019; CETESB, 2017; MHE, 2019; U.S. EPA 2016).

A estrutura básica dos anfibólios (Figura 1A) apresenta grupos de átomos metálicos que se ligam como grupos laterais a unidade básica $(Si_4O_{11})_6$ estabelecendo as características que os destacam dos outros grupos de silicatos de cadeia dupla. Esses grupos laterais são formados por átomos de sódio, cálcio, manganês, magnésio, ferro (2), ferro (3) e alumínio que, de acordo a posição e quantidade, definem a diferença. Os anfibólios, também conhecidos como inossilicatos, são silicatos de cadeia dupla ligada lateralmente a sua unidade básica (IARC, 2018).

As serpentinas são um dos grupos de fibras de silicato de ocorrência natural e apresentam a crisotila, que se destaca por ser o único que com placas contínuas e estruturadas na forma tubos por feixes de fibras maiores que 10 cm. As fibras das serpentinas são mais flexíveis do que as de anfibólios; possuem carga de superfície líquida positiva; formam uma suspensão estável na água e as podem ser degradadas em ácidos diluídos (IARC, 2018).

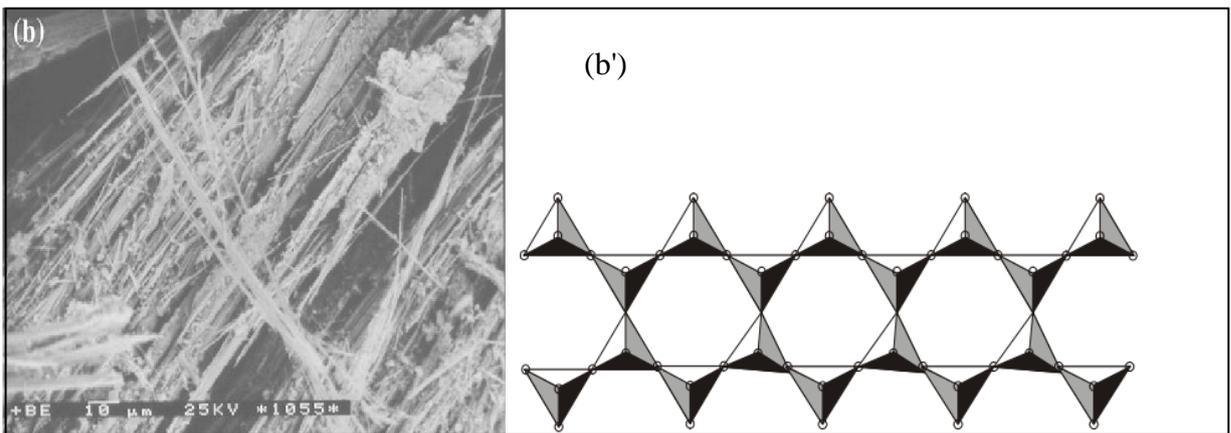
As serpentinas (Figura 1a), devido à estrutura tetraedro em forma de folhas, são conhecidas como 'silicatos de folhas' (Figura 1a'). Por outro lado, os silicatos de anfibólios (Figura 1b) são classificados como 'silicatos de cadeia' (Figura 1b'), uma vez que os tetraedros são dispostos para formar uma cadeia dupla, de duas linhas, alinhados lado a lado (IARC, 2018).

Figura 1: Imagem microscópica de Crisotila e representação da estrutura tetraedro em cadeia dupla ‘silicato de folhas’ (a’).



Fonte: ATSD, 2019; WANG, 2017.

Figura 2: Imagem microscópica de Anfibólio (b) e representações das estruturas tetraedro em cadeia dupla (b’) ‘silicatos de cadeia’.



Fonte: ATSDR, 2019; WANG, 2017.

4.2 Usos e Aplicações

Os seis tipos de amianto de uso histórico em produtos comerciais são a actinolita, anfíbola, amosita, antofilita, crocidolita e tremolita, bem como crisotila, variedade de serpentina asbestiforme. Embora todos tenham aplicação comercial, o tipo crisotila tem sido o mais utilizado ou negociado comercialmente (USGS, 2018).

O asbesto tem sido utilizado ao longo da história desde períodos remotos, nos primeiros momentos da civilização. A grande expansão de sua utilização se deu a partir da Revolução Industrial do século XIX, quando passou a ser empregado na fabricação de diversos produtos (JANELA, 2018).

O uso do amianto teve grande expansão a partir da descoberta do produto cimento-amianto, combinação das fibras do amianto com o cimento, pelo austríaco Ludwig Hatscheck,

em 1901. O produto patenteado foi resultado de um processo de produção de papel, usando pasta de fluido de fibras de amianto e cimento. Esse novo produto foi denominado de *eternit* por seu criador, a partir do latim “aeternitas”, devido às características de resistência e durabilidade quase eternas. No mercado mundial, sua aplicação se expandiu para diversos produtos e, em poucas décadas, já se tornara um fenômeno da indústria. As primeiras fábricas de cimento amianto no mundo foram na Suíça (1903), França (1904), EUA (1905), Bélgica (1905), Suécia (1906), Itália (1907), Rússia (1908) e Romênia (1910). No Brasil, esse início aconteceu em São Paulo (1942) e Rio de Janeiro (1949) (GIANNASI, 2012).

A patente de Ludwig Hatscheck revolucionou a uso do amianto que, por suas características especiais para a indústria, encontrou grande aplicabilidade junto à indústria de materiais de construção, principalmente pela resistência e durabilidade que conferiu aos produtos a base de cimento-amianto (GIANNASI, 2012).

Sob formas variadas, o amianto tem sido utilizado em mais de três mil produtos de uso domiciliar ou industrial, com aplicação em instrumentos de laboratórios e nas indústrias bélica, aeroespacial, petrolífera, têxtil, papel e papelão, naval, fundições, produção de cloro-soda e outras. Seu uso foi amplamente assimilado devido ao seu baixo custo e características de alta resistência ao fogo, corrosão, desgaste, isolamentos térmico e elétrico, podendo também ser bastante flexível para utilização em fio ou tecido (IARC, 2012; INCA, 2018; USGS, 2018).

O amianto encontrou uso principalmente na indústria da construção civil, em pisos vinílicos, telhas, caixas d’água, divisória, forros falsos, tubulações, vasos de decoração, vasos para plantio, artefatos de cimento-amianto, isolamentos acústicos e térmicos, selantes, assim como em tintas textura (tintas fortemente encorpadas que podem ser modeladas ou texturizadas para simular uma superfície de estuque em interiores, tetos e paredes para design estético) ou enchimento e tinta de blocos (usadas para revestir alvenaria e outras superfícies de pedra) (IARC, 2012; JANELA, 2018).

Na indústria automobilística, o amianto pode ser encontrado em revestimentos de disco de embreagens, materiais de fricção nas guarnições de freios (lonas e pastilhas), forrações internas dos veículos para proteção anticorrosão, juntas, gaxetas, e outros materiais de vedação e isolamento (INCA, 2018).

A indústria aeroespacial utiliza amianto como adesivo epóxi e selante em aplicações extremamente especializadas como isolamentos de proteção contra fogo, em uma formulação de 5 a 20 por cento conforme a especificação e utilização militar. A característica de alta

resistência ao calor confere a essas fibras sua aplicabilidade na composição desses selantes e revestimentos (INCA, 2018).

O uso de asbesto friável (que se desagrega ou pode ser reduzido a pó com facilidade) foi interrompido no final dos anos setenta, mas pode ser ainda encontrado em prédios antigos. Outra aplicação para as formas de asbesto suficientemente flexíveis para serem fiadas ou transformadas em tecidos é seu uso em equipamentos de proteção individual, roupas, luvas e guarda-corpo antichamas. Na forma de pó, seu uso já foi identificado na composição de talcos para uso industrial e/ou doméstico (ICF, 1986; JANELA, 2018).

Globalmente, produtos de cimento-amianto (principalmente folhas onduladas para telhados) deverão continuar a serem os líderes de mercado para o amianto. O consumo e produção mundial poderão diminuir ligeiramente, pois serão promulgadas proibições adicionais para o amianto nos próximos anos. A utilização desses produtos são indicadores de populações carentes em função do apelo a que buscam atender (USGS, 2018).

4.3 Cadeia produtiva no Brasil

De acordo com dados do Instituto Crisotila do Brasil (IBC) a cadeia produtiva do amianto crisotila no Brasil pode ser representada pelas etapas de mineração, transporte, indústria e comércio. Cada etapa pode ser apresentada em subdivisões onde planejamento de produção, preparação e desmonte de rocha, britagem, tratamento e classificação, ensacamento representam etapa de mineração. O carregamento de caminhões, transporte do minério por rodovias, entrega em portos e exportação correspondem ao transporte. A preparação do fibrocimento, formação de telhas, estoque, carregamento de caminhões, transporte por rodovias são elementos da fase industrial. Após todas as etapas anteriores já descritas o comércio do amianto crisotila significa a colocação dos produtos nos postos de venda, a venda dos produtos ao consumidor (atacado ou varejo), transporte até o local de aplicação e aplicação ou consumo (IBC, 2018).

Figura 3. Cadeia produtiva do amianto crisotila no Brasil



FONTE: www.ibcbrasil.org

4.4 Produção, comercialização e consumo

A quantidade estimada de recursos minerais de crisotila no mundo é abundante e totaliza 200 milhões toneladas. As maiores reservas lavráveis se encontram na Rússia, China, Brasil e Cazaquistão. Entre 2012 e 2017, foram negociadas 8.030.000 toneladas métricas de asbesto no comércio mundial com predomínio do mineral (DNPM, 2015; USGS, 2018).

A produção mundial de crisotila em 2014 foi estimada em 2.000.000 toneladas, sendo que o Brasil foi responsável pela produção de 311.227 toneladas de fibras (15,55%) do total. Internamente, foram comercializadas 275.268 toneladas dessa fibra, destinadas principalmente à cadeia produtiva de artefatos de fibrocimento (98,86%) e fabricação de peças para freios (0,85%). Tal produção e consumo se destinaram aos mercados compradores dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Goiás, Santa Catarina e Bahia, correspondendo a 53,11%, e o restante (46,89%) destinado ao mercado externo (DNPM, 2015).

O Brasil exporta matéria prima e produtos de crisotila principalmente para a Índia, Indonésia, Colômbia, México e Tailândia, países em desenvolvimento, com processo de urbanização crescente. Entre os destinos dessas exportações, estão incluídos também países desenvolvidos, como os Estados Unidos da América (EUA), que, em 2016, importaram um total de 702 t de crisotila, sendo 691 t do Brasil. Do mesmo modo, 98% de todas as

importações de asbesto mineral (não manufaturado) realizadas pelos EUA foram do Brasil (BRASIL, 2015; DNPM, 2015; USGS, 2018).

Ainda que exportador dos produtos citados anteriormente, as importações brasileiras de produtos manufaturados de crisotila, em 2013, alcançaram a cifra de US\$ 2.717 milhões, distribuídos entre China (25%), Itália (13%), Bolívia (12%), Japão (11%) e França (9%). Entre 2015 e 2016, o Brasil importou US\$ 411.000 em produtos manufaturados e fibras de amianto dos EUA. Os principais produtos importados foram objetos decorativos, trabalhados com fibras à base de amianto e carbonato de magnésio, vestuários e acessórios para equipamentos de proteção individual, calçados e chapéus de amianto e guarnição de fricção contendo amianto (BRASIL, 2015; DNPM, 2015; USGS, 2018).

O amianto está proibido em mais de 55 países, mas é usado extensamente hoje, algo em torno de 2.030.000 toneladas consumidas anualmente de acordo com o mais recente dado disponível de consumo. A utilização do amianto continua estimulada, especialmente na Rússia, Ásia, África e América Latina, pelos grandes representantes da economia mundial, visando à manutenção da produção. As táticas usadas para dissimular seus interesses econômicos incluem pressões sobre governos, trabalhadores, sindicatos e ainda a tentativa de penetração na comunidade científica com o intuito de manipulação dos meios de informações (AGUILAR-MADRID, 2004; FURUYA, 2018).

Os apelos econômicos pesam na tentativa de burlar as legislações para a continuidade do processo de produção e consumo desse mineral. Entretanto, os impactos sobre a saúde das populações e do meio ambiente influenciam a crescente avaliação dos custos envolvidos. Na União Europeia, Estados Unidos da América e em outras economias de renda elevada (classificação regional da Organização Mundial de Saúde), os custos diretos por doença, aposentadoria precoce e morte, incluindo perdas de produção foram calculados e considerados muito altos. Cada 20 toneladas de amianto produzidas e consumidas mata uma pessoa em algum lugar no mundo. Ainda assim, comprar 1 kg de pó de amianto, por exemplo, na Ásia, custaria US\$ 0,38, enquanto que 20 toneladas custariam US\$ 7.600 no mercado varejo (BORGES, 2014; FURUYA, 2018).

Dados do serviço geológico dos Estados Unidos apresentaram uma gradativa redução no consumo mundial de amianto. Entre 2012 e 2015, essa queda se manteve, porém, voltou a aumentar 20.000 t em 2016. Entretanto, os dados de 2016 foram afetados pela dificuldade para obtenção de informações junto às bases de muitos países, que apresentavam informações incompletas ou não as disponibilizaram no momento da compilação sobre esse consumo.

Deste modo, o consumo passou de 1,35 em 2015 para 1,37 em 2016. O cálculo do consumo se baseou na diferença entre o somatório do total da produção mais importação menos exportação (USGS, 2018).

O consumo mundial do asbesto apresentou uma redução de 12% em 2015. Atualmente, os cinco maiores consumidores são Índia, China, Rússia, Brasil e Indonésia. Entre 2012 e 2016, esses países consumiram 6.116.000 t de asbesto (Tabela 4), ficando o Brasil à frente apenas da Indonésia, com 795.000 t (USGS, 2018).

Tabela 4: Consumo estimado de asbesto (em toneladas), maiores consumidores mundiais – 2012 a 2016.

PAÍSES	Consumo (t)					TOTAL ²
	2012	2013	2014	2015	2016	
ÍNDIA	473.000	303.000	379.000	370.000	308.000	1.833.000
CHINA	431.000	430.000	357.000	287.000	288.000	1.793.000
RÚSSIA	319.000	209.000	156.000	124.000	234.000	1.042.000
BRASIL	166.000	165.000	181.000	163.000	120.000	795.000
INDONÉSIA	162.000	148.000	109.000	120.000	114.000	653.000
TOTAL ¹	1.551.000	1.255.000	1.182.000	1.064.000	1.064.000	6.116.000

¹Total do consumo mundial por ano; ²Total do consumo mundial por país. Fonte: USGS, 2018.

O declínio no consumo de amianto é ainda pouco significativo, mesmo diante do aumento da adesão ao banimento e busca por materiais alternativos ao seu uso, nos países que reconhecem os riscos à saúde representados pela exposição às fibras desse mineral. O redirecionamento global e aumento do consumo por alguns desses novos mercados, principalmente nos países em desenvolvimento, contribuem para que essa redução ainda seja compensada (FURUYA, 2018; USGS, 2018).

Nesse contexto, o consumo na América do Sul, liderado pelo Brasil, representa parcela significativa do mercado mundial de amianto conforme Tabela 5.

Tabela 5: Total de consumo do amianto na América do Sul em relação ao total no mundo (em toneladas).

Período	Bolívia	Brasil	Colômbia	Equador	Outros	Total ¹	Total ²
						(t)	(t)
2012	5.360	166.000	24.300	4.720	1.140	201.000	2.090.000
2013	4.420	165.000	16.000	4.160	1.010	191.000	1.680.000
2014	6.260	181.000	8.940	4.470	220	201.000	1.540.000
2015	4.170	163.000	5.960	4.100	1.130	179.000	1.350.000
2016	4.740	120.000	197	3.090	690	129.000	1.370.000

¹Total de consumo na América do Sul; ²Total de consumo no mundo. Fonte: USGS. 2018.

4.5 Exposição e efeitos do amianto

A exposição pode ser classificada como ocupacional ou ambiental. A exposição ocupacional ao amianto ocorre principalmente em atividades como mineração, moagem e ensacamento, fabricação e uso de produtos de cimento-amianto, materiais de fricção e vedação, instalação de produtos de cimento-amianto e fabricação de têxteis com asbesto. A exposição ambiental ocorre pelo contato com roupas e objetos dos trabalhadores usados durante a atividade laboral, morar próximo a áreas contaminadas por amianto, como minerações e fábricas. Da mesma forma que visitas regulares a ambientes contendo amianto assim como aos locais de depósito e descarte expõem a população em geral a esses produtos (INCA, 2018).

A principal via de exposição é por inalação das fibras do mineral. Entretanto, a absorção de asbesto pelo organismo depende do tamanho da fibra, concentração no ambiente, biopersistência (tipo de fibra), tempo de exposição e susceptibilidade individual (INCA, 2010).

A inalação das fibras de amianto pode causar lesões nos pulmões e em outros órgãos, que geralmente aparecem depois de anos de exposição (INCA, 2018). Devido à sua durabilidade, as fibras podem estimular repetidas vezes os macrófagos por vários anos sem que sejam degradadas, o que esclarece a progressão contínua da doença depois de cessada a exposição. Por meio da estimulação dos macrófagos alveolares, as fibras causam lesão tecidual por liberação de citocinas das células inflamatórias e proliferação dos fibroblastos (GOLDMAN, 2005).

Entre os principais danos resultantes da exposição amianto se encontram as lesões pleurais benignas, com período de latência de 15 a 20 anos, a asbestose, os cânceres de pulmão e trato gastrointestinal e o mesotelioma (INCA, 2010).

As pneumoconioses são doenças por inalação de poeiras, substâncias que o organismo pouco consegue combater com seus mecanismos de defesa imunológica e/ou leucocitária, diferentemente do que ocorre com microorganismos que podem ser fagocitados, digeridos ou destruídos pela ação de anticorpos e de células de defesa por meio das enzimas lisossomais e outros mecanismos (MS, 2006).

A asbestose é uma pneumoconiose consequente da exposição inalatória a poeiras contendo fibras de asbesto e caracteriza-se pela fibrose intersticial difusa, associada à presença de dois ou mais corpos de asbesto, por área seccional de 1cm^2 . Quando não encontrados, deve ser realizada a contagem de fibras de asbesto, que deve estar na faixa de referência para asbestose, utilizada pelo laboratório de análise (MS, 2006).

A asbestose causa o enrijecimento das paredes dos alvéolos em decorrência de processo inflamatório resultante da deposição de fibras, com consequente perda de elasticidade pulmonar e capacidade de trocas gasosas, do fluxo aéreo e da capacidade de trabalho, podendo levar à morte. Seu período de latência é de mais de 10 anos (INCA, 2010; TERRA-FILHO, 2006).

Os processos de instalação e desenvolvimento da silicose e da asbestose são similares, muito embora a primeira dê origem a uma fibrose intersticial focal, que se inicia com a formação de granulomas de deposição concêntrica de colágeno, e a segunda com a proliferação de colágeno no interstício, sem a presença relevante de células inflamatórias de defesa, diferença não bem compreendida até o momento. As partículas inaladas (sílica ou asbesto) em contato com a água e no interior dos macrófagos alveolares, após terem sido fagocitadas, induzem a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) e de nitrogênio (ERN) que estimulam (por meio da ativação de fatores de transcrição nuclear) a produção de citocinas pelos macrófagos, responsáveis por atrair para a região alveolar células inflamatórias (linfócitos, mastócitos, neutrófilos), que por sua vez liberam mais citocinase ERO e ERN. Este processo acaba por induzir uma alveolite com lesão de pneumócitos tipo I, proliferação de pneumócitos tipo II e de fibroblastos, passagem de partículas para o interstício e estímulo à proliferação intersticial de fibroblastos dando início à fibrogênese. Se a inalação de partículas tiver sido grande, ou se perpetuar no tempo, o processo inflamatório com dano celular, proliferação, apoptose e fibrogênese, persiste, instalando-se a fibrose difusa e

progressiva do parênquima pulmonar. A evolução do quadro de uma asbestose com acúmulo progressivo de fibras nos alvéolos tem sido o adenocarcinoma, forma mais frequente de câncer de pulmão nesse tipo de expostos (BRASIL, 2016; MS, 2006).

De acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID), na sua 10ª Revisão (CID 10) e considerando-se o agente etiológico ou fator de risco asbesto/amianto, as doenças relacionadas ao amianto (DRA) são a neoplasia maligna do estômago (C16), neoplasia maligna de laringe (C32), neoplasia maligna dos brônquios e dos pulmões (C34), mesotelioma de pleura (C45.0), mesotelioma de peritônio (C45.1), mesotelioma de pericárdio (C45.2), placas epicárdicas ou pericárdicas (I31.8), asbestose (J60), derrame pleural (J90) e placas pleurais (J92) (COSTA, 2013; MS, 2018).

No caso do mesotelioma, seu mecanismo de transformação maligna é desconhecido. No entanto, as fibras provavelmente predis põem os pacientes não apenas à resposta fibrosa do estroma, mas também ao risco de transformação das células mesoteliais em clones neoplásicos com potencial invasivo, isto é, o mesotelioma. Quanto à histologia, há uma sobreposição das características citológicas de atipia reativa mesotelial e células de mesotelioma maligno, de modo que o patologista necessita de evidências de invasão estronal definitiva e de radiografias de suporte para afirmar o diagnóstico de mesotelioma maligno invasivo (FUNKHOUSE, 2015).

Nos países da Europa Ocidental e da União Européia, os custos diretos com adoecimentos em consequência das exposições às fibras do amianto são equivalentes a 0,70% do produto interno bruto ou 114×10^9 dólares dos Estados Unidos. Ao aplicar o valor de vida estatístico de 4 milhões de euros por morte de câncer usado pela Comissão Europeia, chega-se à perda de 410×10^9 dólares americanos relacionadas ao câncer ocupacional e 340×10^9 relacionados à exposição ao amianto no trabalho. Custos intangíveis que podem ser muito maiores se considerado que o sofrimento humano e a perda da vida são impossíveis de quantificar (FURUYA, 2018).

A forma mais frequente de câncer de pulmão (com latência acima de 30 anos) para os expostos ocupacionalmente tem sido o adenocarcinoma. Decorre, em geral, da evolução de quadros de uma asbestose anterior com acúmulo progressivo de fibras nos alvéolos. Os cânceres de laringe (o mais descrito), orofaringe, estômago, colo-retal, e rim, são outras formas possíveis de adoecimento (INCA, 2010; TERRA-FILHO, 2006).

O mesotelioma é a evolução de uma forma de tumor maligno, geralmente atingindo a pleura (mesotélio) e que pode produzir metástases por via linfática. Possui um período de latência de 30 a 40 anos (BRASIL, 2016).

5 MARCO LEGAL APLICÁVEL À CADEIA PRODUTIVA E AO DESCARTE DO AMIANTO NO BRASIL

As questões legais que envolvem o uso do amianto em todo o mundo tornam-se complexas quando considerados os contextos e peculiaridades inerentes a cada país. Entretanto, são elementos comuns à necessidade de regulação das relações, os motivos que aproximam o encaminhamento das questões e os aspectos intrínsecos às ações em âmbito mundial (BORGES, 2014).

A inserção do direito à saúde e do direito ao meio ambiente saudável nas cartas constitucionais dos países induz ao entendimento de que as violações a esses direitos constituem violações aos direitos humanos ou direitos fundamentais. Nesse contexto, o uso do amianto e sua produção devem ser interpretados, ainda que subjetivamente, como violação que as jurisdições nacionais devem estar aptas a compreendê-las como por *jus cogens* internacional (SALDANHA, 2018).

A Lei nº 9.055/1995, de 01/06/1995, cujo caput “disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte do asbesto/ amianto e dos produtos que o contenham, bem como das fibras naturais e artificiais, de qualquer origem, utilizadas para o mesmo fim”, em seu conteúdo regulava a utilização do amianto no Brasil (BRASIL, 1995).

A Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) 3.937, de 29 de novembro de 2017, a partir da declaração de inconstitucionalidade do artigo 2º da lei federal 9.055/1995, que permitia a extração, industrialização, comercialização e a distribuição do amianto na variedade crisotila no país, recebeu o efeito vinculante e *erga omnes* (para todos) por decisão do Supremo Tribunal Federal (STF) (BRASIL, 2017).

Nesse contexto, a resolução do CONAMA, nº 348/2004, que trata da gestão dos resíduos da construção civil, caracterizando o amianto como resíduo “Classe D” (resíduos perigosos), figura como importante legislação a ser aplicada durante todo o processo de eliminação dos resíduos resultantes da utilização dos produtos de amianto. Essa resolução alterou a resolução nº 307/2002 do mesmo órgão, que estabelecia diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (BRASIL, 2004; MMA, 2004).

A portaria Nº 777, de 28 de abril de 2004, do Ministério da Saúde, regulamenta a notificação compulsória de agravos à saúde do trabalhador em rede de serviços sentinela

específica, no Sistema Único de Saúde (SUS). Entre esses agravos de notificação compulsória estão as pneumoconioses (BRASIL, 2004; MS, 2004).

Os trabalhadores envolvidos na cadeia produtiva do amianto dispõem da portaria nº 1851/2006, do Ministério da Saúde, que aprova procedimentos e critérios para envio de listagem de trabalhadores expostos e ex-expostos ao amianto nas atividades de extração, industrialização, utilização, manipulação, comercialização, transporte e destinação final de resíduos, bem como aos produtos e equipamentos que o contenham (M.S, 2006).

Por outro lado, a reparação dos danos à saúde dos trabalhadores do amianto, está ao alcance da lei estadual nº 4341/2004, que dispõe sobre as obrigações das empresas de fibrocimento pelos danos causados à saúde dos trabalhadores, no âmbito do estado do Rio de Janeiro (PEREZ, 2013).

No mesmo sentido, as portarias 1644/2009 e 2669/2010 vedam, ao Ministério da Saúde e seus órgãos vinculados, a utilização e a aquisição de quaisquer produtos e subprodutos, que contenham amianto em sua composição, e disciplina demais providências (MS, 2009; MS, 2010).

Nesse contexto, o tratamento do RSPA está compreendido no conteúdo da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e estabelece a responsabilidade compartilhada dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo. Os resíduos do amianto estão inseridos no grupo dos resíduos sólidos perigosos, grupo I, Classe D (MMA, 2010).

Os aterros sanitários devem atender a critérios técnicos para que possam ser instalados e passem a operar em suas finalidades. Podem ser classificados como aterros de resíduos industriais perigosos, aterros de resíduos perigosos e aterros de resíduos não perigosos. Seus projetos deverão atender às especificidades das normas que regulam suas construções. Os projetos dos três tipos de aterros citados devem atender, respectivamente, às normas específicas NBR 8418/ NB 842 (projetos de aterros de resíduos industriais perigosos), NBR 10157 / NB 1025 (projetos de aterros de resíduos perigosos), e NBR 13896 (projetos de aterros de resíduos não perigosos) (ELK, 2007; PEREZ, 2013).

6. TRANSPORTE, DESCARTE E DESTINAÇÃO FINAL DO AMIANTO

6.1 O transporte do amianto

O transporte pode ser considerado o elo mais importante de toda a cadeia produtiva do amianto e seus derivados. A dinâmica da produção está associada à movimentação de todo o sistema. Em cada etapa do processo, ocorre uma forma de transporte, que pode acontecer, na origem ou nos destinos, em ambiente interno ou externo (MME, 2009).

De acordo com o volume a ser transportado, maior número de etapas e equipamentos poderão ser exigidos. Do mesmo modo, o volume de material determinará o tipo de transporte a ser utilizado. As diferenças entre os processos de cada planta, nos países que movimentam cargas de amianto, estão relacionadas ao nível de tecnologia aplicada e disponível (MME, 2009).

As etapas de transporte do amianto podem ser entendidas, tomando-se, como exemplo, a descrição do processo de trabalho na Mina de Cana Brava, instalada em Goiás (e considerada uma das maiores do mundo), desde a extração até o destino final. Os depósitos das fábricas, dos distribuidores, dos consumidores e, no fim da cadeia, os depósitos de resíduos ou centros de reprocessamento são os locais a serem alcançados (MME, 2009)

Na concentração, estocagem de concentrado, usina de beneficiamento, ensacamento e galpão para produto acabado, são utilizados esteiras rolantes, empilhadeiras e caminhões. As fases de britagem e desmonte definem os fragmentos de rocha de modo a compatibilizá-los com os equipamentos de carregamento, transporte e britador primário (MME, 2009).

O carregamento ocorre com utilização de pás sobre pneus e escavadeiras hidráulicas sobre esteiras, munidas de caçamba com diferentes capacidades. Durante a etapa de transporte até o britador primário, são utilizados caminhões (fora de estrada), com capacidade de 85 toneladas, assim como caminhões rodoviários, de 25 toneladas. Também são empregados no serviço de apoio à lavra, tratores de lâminas, motoniveladoras e caminhões pipa com capacidades de 32 m³ e 76 m³ (MME, 2009).

A distribuição do produto da mineração aos compradores utiliza sistemas de ensacamento e paletização, que permitem total preservação de produtos e embalagem, desde a saída da mina até sua utilização pelo cliente, no país ou no exterior, depois de submetido a transporte rodoviário, marítimo e ferroviário (MME, 2009).

No Brasil, o transporte de cargas é predominantemente rodoviário, respondendo por quase 60% do total de todas as cargas deslocadas em território nacional. O amianto e seus

derivados circulam sob a classificação de “carga perigosa”, cumprindo legislação específica. Para alcançar os mercados internacionais, utilizam portos, aeroportos e estradas como principais portais de saída ou entrada (CNT, 2019; MME, 2009).

A circulação do amianto “crisotila” no mercado interno está proibida. Entretanto, o transporte dos RSPA, principalmente da construção civil, é realizado por empresas públicas ou, privadas e, de acordo com as normas. São tratados como resíduos sólidos perigosos e conduzidos a aterro sanitários por caminhões (FERNANDEZ, 2012).

O item 6.1.6 da Resolução CONAMA 307/02 prevê que caçambas estacionárias destinadas ao transporte de resíduos do Grupo D deverão, obrigatoriamente, possuir tampa articulada. Entretanto, a carência de meios pelos órgãos públicos responsáveis transforma a fiscalização desse processo em deficitária. Desta forma, torna-se comum a destinação inadequada, com o transporte irregular dos RSPA. Não são raros os flagrantes de transporte por caminhões, com caçambas ou carrocerias abertas, em vias públicas ou vicinais, sem o cumprimento das normas regulamentadoras ou legislação pertinente (Figura 4).

Figura 4: Transporte irregular de amianto por caminhões, com caçamba e carroceria abertas, em vias públicas.



Fonte: Autor, 2018.

6.2 O descarte dos resíduos sólidos no Brasil

A redução da geração dos resíduos assim como a reciclagem e a reutilização são metas incorporadas à legislação brasileira e fazem parte de acordos internacionais sobre questões ambientais tais como a Convenção da Basileia, que trata de aspectos do controle de ‘Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito’, e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (FERNANDEZ, 2012).

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, ainda bastante atual, trata da prevenção e redução na geração de resíduos, tendo como proposta a

prática de hábitos de consumo sustentável (MMA, 2010). Além disso, a PNRS estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre os diversos participantes da cadeia produtiva, tais como fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, cidadãos e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na logística reversa, que deve ser estendida a produtos e embalagens de qualquer material pós-consumo, incluindo a participação de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis no processo (MMA, 2010).

Entre as metas da PNRS estão a sua contribuição na eliminação dos lixões e o estabelecimento de instrumentos para o planejamento, nos níveis nacional, estadual, microregional, intermunicipal, metropolitano e municipal, e elaboração de seus respectivos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Desse modo, incrementa a reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado). Em 2010, as metas incluíam atingir, em 2015, o índice de 20% de reciclagem dos resíduos como parte do Plano Nacional sobre mudanças do Clima (PNMC) (MMA, 2010).

Entre os resíduos sólidos urbanos, de coleta regular, os RCC são os que podem apresentar maior concentração de amianto. De acordo com estudos, a composição média desses resíduos apresenta argamassa (63%), concreto e bloco (29%), outros (7%) e orgânicos (1%). Essa composição pode determinar se o RCC está definido na classe A, B, C ou D, conforme o critério e a concentração de elementos presentes em cada faixa. Em 2010, o SINIS estimou em 14.557.393,22 t/ano, o total de RCC coletados, 7.192.372,71 t/a de origem pública e 7.365.566,51 t/a de origem privada, dados referentes à amostra de 372 municípios. (FERNANDEZ, 2012).

Os números referentes a esse tipo de resíduos têm aumentado em todo o mundo do mesmo modo que a necessidade de alternativas para sua destinação. Devido a esse aumento, em muitos casos, é possível constatar o descarte clandestino em locais inadequados, impactando o ambiente, a saúde e gerando custos na sua remoção destes locais (FERNANDES, 2015; FERNANDEZ, 2012).

Segundo dados do IBGE (2008), baseados no Programa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a disposição dos RCC no solo se configurou com 32,99% em vazadouros com outros resíduos, 4,37% em pátios de estocagem específica, 4,49% em aterros de terceiros específicos, 6,62% em aterros controlados (separados), 7,4% utilizados por terceiros, após

triagem, 10,97% em aterros controlados (misturados), 12,48% utilizados pela prefeitura, após triagem, e 30,64% outros (FERREIRA, 2013).

Em 2012, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) publicou um relatório com o diagnóstico dos resíduos sólidos da construção civil como subsídio para a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), conduzido pelo Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) (FERNANDEZ, 2012).

Segundo este relatório, no Brasil, 4.031 municípios (72,44%) dos 5.564 municípios avaliados pela PNSB (IBGE, 2010) possuem serviço de manejo de RCC. De acordo com o mesmo relatório, do total de municípios que realizam manejo de RCC, 1330 realizam a disposição em vazadouros em conjunto com os demais resíduos, 442 em aterro convencional em conjunto com os demais resíduos, 176 sob controle em pátio ou galpão de estocagem da prefeitura (específico para resíduos especiais), 267 faziam uma disposição transitória, sob controle, em aterros da prefeitura, específicos para resíduos especiais, 181 dispunham transitoriamente, em aterro da prefeitura, específico para resíduos especiais, 503 utilizavam definitivamente, e sob controle, os resíduos como material de aterro pela prefeitura, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D, e também como material de aterro por terceiros, após triagem e remoção dos resíduos classes B, C e D, e 1235 davam outra destinação (FERNANDEZ, 2012).

Em relação ao manejo dos RCC, de acordo com a PNSB (IBGE, 2010), dos 5.564 municípios brasileiros, 4.031 municípios (72,44%) apresentam serviços de manejo dos RCC. Contudo, apenas 392 municípios (9,7%) possuem alguma forma de processamento dos RCC. Assim, entre os 392 municípios, 204 realizam outros tipos de manejo, 79 realizam o reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos, 20 praticam a triagem e trituração simples dos resíduos Classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados, 14 efetuam a triagem e trituração simples dos resíduos Classe A, e 124 fazem a triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B) (FERNANDEZ, 2012).

Os resíduos resultantes de amianto, classificados como resíduos sólidos perigosos classe D (Resolução 348/2004, CONAMA) devem seguir procedimentos específicos em sua eliminação. Sua destinação deve ser realizada em aterros ou depósitos especiais e, durante a remoção, deve estar devidamente embalado de acordo com as normas vigentes (CONAMA, 2004).

6.3 O descarte dos resíduos na União Europeia

A gestão de resíduos sólidos é o único instrumento que o governo oferece aos moradores de cada cidade. Enquanto os níveis de serviço, impactos ambientais e os custos variam dramaticamente, a gestão de resíduos sólidos é, sem dúvida, o mais importante serviço municipal e serve como um pré-requisito para outras ações municipais (HOORNWEG, 2012).

Atualmente a produção mundial de resíduos é de aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos por ano em todo o mundo. Este volume deverá aumentar para 2,2 bilhões de toneladas em 2025. Taxas de geração de resíduos serão mais do que o dobro nos próximos vinte anos em países de baixa renda. Globalmente, os custos da gestão de resíduos sólidos aumentarão de US\$ 205,4 bilhões/ano hoje para aproximadamente US\$ 375,5 bilhões em 2025. Aumentos de custos serão mais severos em países de baixa renda e países de renda média baixa (HOORNWEG, 2012).

Em 2014, o volume de resíduos produzidos pela União Europeia (EU) totalizou 2503 milhões de toneladas, representando o valor mais elevado durante o período de 2004 a 2014, na série cronológica com apresentação de dados a cada dois anos. A quantidade de resíduos está relacionada, de certo modo, às dimensões econômicas e demográficas de cada país. Países menores geralmente podem produzir níveis mais baixos de resíduos e os países maiores, geralmente, produzem quantidades maiores de resíduos. Entretanto, nessa avaliação a Romênia e Bulgária apresentaram volumes elevados de produção de resíduos, enquanto que a Itália produziu quantidade relativamente baixa (EUROESTAT, 2019).

Os agregados familiares e respectivas atividades econômicas na UE apresentaram, na distribuição proporcional por setores, 34,7% para o setor da construção, seguido do setor das indústrias têxteis com 28,2%, as indústrias transformadoras (10,2%), serviços de tratamento de resíduos e águas residuais (9,1%), agregados familiares (8,3%); os restantes 9,5% foram resíduos produzidos por outras atividades econômicas, principalmente serviços (3,9%) e energia (3,7%) (EUROESTAT, 2019).

A quantidade de resíduos produzidos em relação à dimensão da população demonstrou níveis elevados entre os Estados-Membros menores da UE. A Bulgária que apresentou em média 24,9 toneladas de resíduos por habitante, equivalente a cinco vezes a média dos demais Estados-Membros, 4,9 toneladas por habitante (EUROESTAT, 2019).

A diversificação quanto aos tipos de resíduos demonstrou algumas das características como a predominância na produção de resíduos da construção e demolições em Luxemburgo; resíduos das atividades extrativas na Bulgária, Suécia, Romênia, Finlândia, Liechtenstein e

Sérvia, sendo 85% desses resíduos minerais. Por outro lado, em países com Portugal, Bélgica, Croácia, Noruega, Turquia, Bósnia-Herzegovina, República Iugoslava da Macedônia e na Islândia, os resíduos minerais representaram até um quinto do total produzido em relação aos demais países com maior concentração desse tipo de resíduos. Desse modo, os resíduos minerais corresponderam a 64% da média por habitante de resíduos totais (EUROESTAT, 2019).

Em relação aos resíduos perigosos, foram produzidas 95 milhões de toneladas em 2014, o que corresponde a 3,8% do total, na UE. Em comparação com dados de 2010, ocorreu uma redução inferior a 0,9%. Alguns países como Sérvia (27,4%), Montenegro (24,4%), Bósnia-Herzegovina (21,2%) e Noruega (11,7%) apresentaram percentagens maiores na produção total de resíduos perigosos em relação aos resíduos totais e a média dos demais países, 0,9% (EUROESTAT, 2019).

Os resíduos perigosos podem constituir um risco elevado para a saúde e ambiente, se não forem eliminados de forma segura. Nesse sentido, foram tratadas 75,6 milhões de toneladas de resíduos perigosos na EU-28 em 2014. A Alemanha tratou 27,2%, Bulgária (16,1%) e Estônia (13,6%), correspondendo a mais de metade do total desse tipo de resíduos, tratados por apenas esses três países (EUROESTAT, 2019).

A destinação dos resíduos perigosos na EU-28, que podem conter inclusive RSPA, teve 49,0% depositados em aterros, terrenos ou através de tratamento no solo e lançado em massas de água; 6,0% foram incinerados sem recuperação de energia e um terço (37,5%) foi recuperado (reciclado ou utilizado para enchimento) (EUROESTAT, 2019).

O tratamento de cerca 2.320/2.503 milhões de toneladas de resíduos totais produzidos na EU-28 em 2014 foi realizado com eliminação de 47,4 % em aterros, 36,2% enviados para operações de recuperação (simplificação, referida como reciclagem), 10,2% foram para enchimento e o restante enviado para incineração, sendo 4,7 % com e 1,5%, sem recuperação de energia (EUROESTAT, 2019).

Os Estados-Membros da EU-28 apresentaram diferenças quanto ao tratamento dos resíduos, alguns exemplos, como Itália e Bélgica, apresentaram taxas elevadas de recuperação, enquanto que a Bulgária, Romênia, Grécia, Suécia e Finlândia, optaram por aterros. A destinação dos resíduos foi realizada por recuperação (incineração com recuperação de energia), reciclados ou utilizados para enchimento (utilização de resíduos em zonas escavadas para efeito de recuperação de encostas ou de segurança para fins de engenharia paisagística) (EUROESTAT, 2019).

A gestão e eliminação dos resíduos na Comunidade Europeia - CE seguem legislações, incluindo a Diretiva 2008/98/CE, que, em seu artigo 3º, nº 1, descreve os resíduos como “quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer” e representam potencialmente uma enorme perda de recursos materiais e energéticos. Além disso, a gestão e a eliminação de resíduos podem ter impactos ambientais graves. Os aterros, por exemplo, ocupam espaço e podem causar poluição atmosférica, da água e do solo, enquanto a sua incineração pode resultar em emissões de poluentes atmosféricos perigosos (EUROESTAT, 2019).

6.4 A destinação final dos resíduos do amianto

Nos países desenvolvidos, os processos de tratamento dos resíduos visam à remoção ou destruição dos componentes nocivos, resultando em quantidades menores de outros resíduos. Em muitos casos, os resíduos derivados também não podem ser lançados no meio ambiente e necessitam ser armazenados de forma prolongada e segura (DI CHIRICO, 2013).

Dentro desta perspectiva, os estudos têm demonstrado que os modelos que utilizam os tratamentos térmicos, apesar do custo elevado, são os que apresentam melhores soluções ambientais em relação à eliminação dos aterros sanitários. Como principais tratamentos térmicos aos resíduos é possível citar a gaseificação, a pirólise e a incineração. Do tratamento dos resíduos por esses processos, podem resultar materiais reutilizáveis e/ou materiais inservíveis como vapores contendo de dioxinas, furanos e outros. A presença dessas substâncias proporciona a necessidade de sistemas que protejam a atmosfera/meio ambiente, que incluem o coprocessamento com a aplicação de técnicas de reprocessamento ou reciclagem (DI CHIRICO, 2013).

Países com economias fortes como o Japão, Alemanha e Suíça já trabalham com índices significativos de incineração de resíduos e em projetos que possam transformá-los em subprodutos reutilizáveis com a remoção ou destruição dos componentes nocivos. Em convergência com as questões ambientais e de saúde pública envolvidas, estão empenhados no desenvolvimento de novas tecnologias que possam apresentar soluções confiáveis e eficazes em relação ao tratamento dos resíduos sólidos perigosos do amianto (FURUYA, 2018).

A redução de resíduos por incineração está se popularizando e ampliando as possibilidades aplicações técnicas. Pesquisas estão sendo desenvolvidas e resultando em publicações que podem atualizar os procedimentos de gestão. Na Tabela 6, são apresentadas

algumas dessas publicações relacionadas a tratamentos e transformações dos resíduos de amianto.

Um estudo apresentado por Guatieri e Tartaglia (2011) relatou que, através de um tratamento térmico a 1000-1250 °C, o amianto pode ser transformado em uma mistura de silicato não perigoso e em um silicato de vidro com tratamento térmico maior do que 1250 °C. As amostras de material de construção, que contenham fibras de amianto dispersas na matriz heterogênea, perderiam a morfologia fibrosa e seriam transformadas em silicato não perigoso.

Com a utilização da *difração de tempo-resolvido síncrotron* para acompanhar a transformação térmica de uma amostra de cimento-amianto, foi demonstrado que a instrumentação possibilita a observação de fases metaestáveis durante a transformação de fibras de amianto em fases cristalinas não fibrosas. Mudando o sistema fechado, a atmosfera de gás afeta a composição final do produto recristalizado (WANG, 2017).

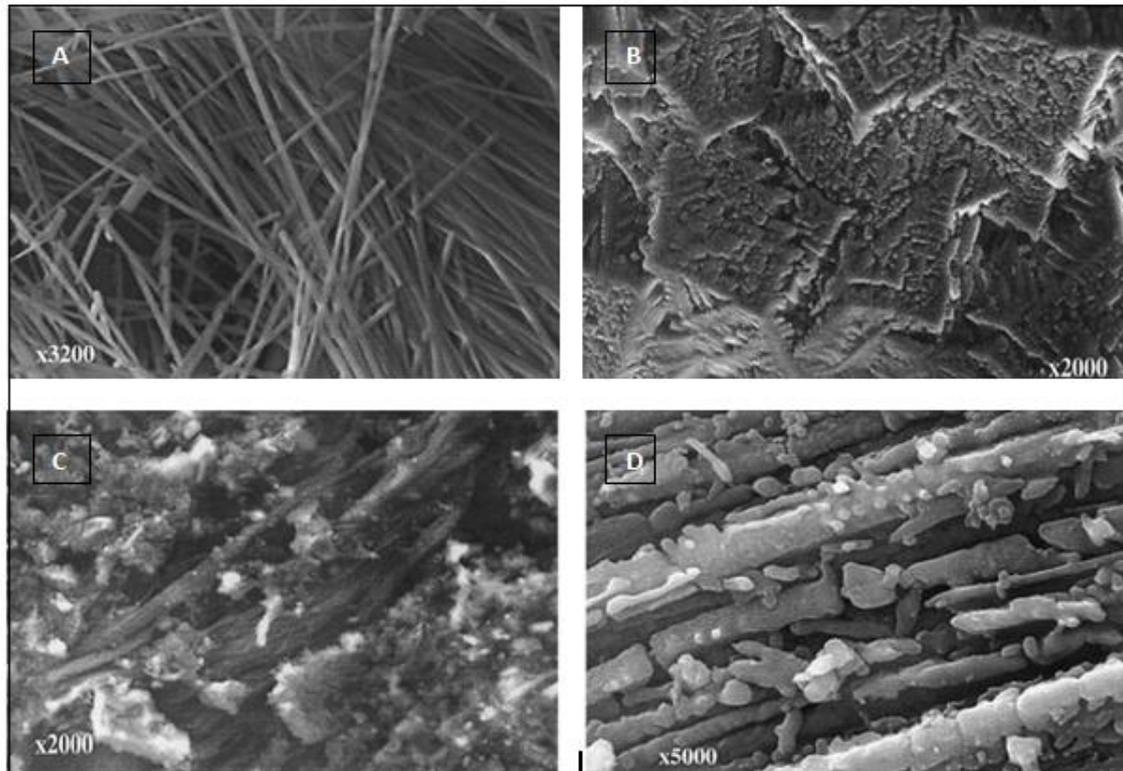
Na tabela 6 são apresentadas algumas publicações sobre Tratamentos e transformações dos resíduos do amianto. As imagens de microscopia eletrônica a seguir apresentam algumas das etapas dos processos de transformação de fibras de amianto, em que é possível identificar uma amostra inicial de um amianto anfíbio puro (Figura 5A), amostra de amianto anfíbio pura após o tratamento térmico (Figura 5B), amostra inicial de um amianto-cimento comercial para tubos externos e telhados (Figura 5C), e amostra de amianto-cimento após tratamento térmico (Figura 5D) (WANG, 2017).

Tabela 6: Tratamentos e transformações dos resíduos do amianto

ORIGEM	PRODUTO	PROCESSO	RESULTADO	FONTE
Asbesto	Cimento – amianto, outros materiais de construção	tratamento térmico de cerca de 1000°C e acima	Asbesto transformado em fase não perigosa de silicato	Gualtieri and Tartaglia,2000. Gualtieri et al, 2011.
Asbesto	Cimento – amianto, outros materiais de construção	tratamento térmico fase não perigosa de silicato	Asbesto transformado em	Kusiorowski et al.,2013.
Asbesto	Cimento – amianto, outros materiais de construção	tratamento térmico fase não perigosa de silicato	Asbesto transformado em	Yamamoto et al., 2014.
Asbesto	Cimento- amianto, outros	tratamento térmico Asbesto materiais de construção	Asbesto transformado em fase não perigosa de silicato	Wang et al., 2017.
Asbesto	Materiais contendo amianto	processos termoquímicos utilizando argilas especiais e Na ₂ CO ₃	Asbesto transformado em fases não asbstiformes e vitrificação parcial.	Ruiz et al., 2018.
Asbesto	Amianto contendo resíduos	Transformação mineralógica e morfológica das fases Tratamento sustentável	Desaparecimento da crisotila OH	Spasiano, D. and Spirozzi, 2017.
Asbesto	Cimento-amianto materiais de construção	Moagem em anel de alta energia	Desaparecimento	Colangelo et al. 2011.

FONTE: O autor, baseado em dados das publicações citadas.

Figura 5: (A) microscopia eletrônica de uma amostra inicial de um amianto anfíbólio puro; (B) a amostra de amianto anfíbólio pura após o tratamento térmico; (C) a amostra inicial de um de amianto-cimento comercial para tubos externos e telhados; (D) amostra de amianto-cimento após tratamento térmico.



Fonte: (WANG, 2017).

6.5. Cadeia envolvida no transporte, descarte e destinação dos resíduos do amianto

As principais formas de transporte identificadas para o deslocamento do amianto ou seus derivados foram o transporte por meio terrestre (predominantemente por caminhões), marítimo e ferroviário. Desta forma, o transporte poderá ocorrer de forma conjunta (utilizando dois ou mais tipos de transportes) ou isoladamente (utilizando apenas um tipo de transporte); em deslocamentos internos, externos, ou pela combinação de ambos quando relacionados às movimentações locais ou relativas às exportações e importações. As movimentações locais internas podem ser entendidas como as ocorridas no interior das plantas e, as externas correspondendo aos deslocamentos desde a fábrica ou mineradora aos terminais de exportação, depósitos das fábricas de produtos à base de amianto, pontos de venda e, posteriormente, pontos de coleta dos resíduos decorrentes do consumo desses materiais. (SZNELWAR, 2009).

A etapa do descarte e destinação final deverá se processar também de acordo com as legislações locais e têm como destino os centros de processamento ou aterros sanitários. Nessa etapa os resíduos são predominantemente transportados por transporte rodoviário,

utilizando caminhões com características específicas para esse tipo de material. Entretanto, não obstante as prescrições legais, em determinadas situações foi possível identificar o transporte por meios diversos. Nas regiões mais carentes são usadas carrocerias abertas, caçambas e outros, com o descarte se realizando de modo irregular e em locais irregulares (SZNELWAR, 2009).

7. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL DURANTE TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DO AMIANTO

O levantamento de dados permitiu entender ainda que existam três momentos distintos que compreendem a possibilidade de exposição às fibras do amianto. Durante o processo produtivo (na produção), na movimentação (desde o processo de mineração e preparação para o uso do amianto e produção dos produtos até o momento final de descarte, após consumo) e nas instalações onde permaneçam até a remoção por algum motivo, incluindo as demolições de construções. As mineradoras e fábricas podem ainda representar riscos de contaminação do seu entorno, expondo ambientalmente a população residente (SZNELWAR, 2009).

Alguns estudos demonstraram a presença de fibras em pontos próximos às instalações de minerações ou de fábricas, bem como a constatação de adoecimento relacionado ao amianto em populações vizinhas a essas instalações (SZNELWAR, 2009).

No transporte dos produtos contendo amianto aos centros distribuidores e consumidores (Figura 1), nem sempre existe o cumprimento das normas. De acordo com presente levantamento, trata-se de um problema global, que atinge principalmente as populações de países em desenvolvimento, em especial, no que diz respeito ao grave problema mundial da produção de resíduos (HOORNWEG, 2012).

A presença do amianto em locais das instalações com grande fluxo de pessoas representa risco de exposição pela presença das fibras originadas pelo desgaste, ação do tempo, ou durante a remoção por substituição ou reformas nesses ambientes. No momento em que o material contendo amianto é substituído, transportado e manipulado como resíduo de construção é essencial o cumprimento das normas de segurança na busca de redução dos riscos de exposições nessas etapas (FERNANDES, 2015).

A partir das exposições ambientais, constatou-se a associação com doenças desde as pneumoconioses até as diferentes formas de cânceres, dos quais o mesotelioma é a forma mais diretamente associada à exposição ao amianto (ALGRANTI, 2015; FURUYA, 2018).

8. SUBSÍDIOS PARA TOMADA DE DECISÕES E PLANEJAMENTO DE INTERVENÇÕES

Nesse contexto, o amianto, por suas características e aplicabilidade principalmente na fabricação de materiais de construção, se tornou um fenômeno mundial de consumo. Entretanto, em função de seus resíduos e sua associação a um grupo de doenças importantes, passou a representar parte dos desafios na luta por seu banimento (SPASIANO, 2017).

A proibição de seu uso por um número crescente de países não extinguiu a necessidade da busca por soluções mais específicas, principalmente em razão da ameaça à saúde e ao meio ambiente e sua classificação como resíduo sólido perigoso. Por esses motivos, diversos países desenvolveram planos de gestão e segurança ambiental para a remoção do amianto ainda presente, principalmente em construções antigas (FERREIRA, 2013; FURUYA, 2018).

Os países com mais recursos e desenvolvimento tecnológico têm investido no aperfeiçoamento dos modelos de gerenciamento dos resíduos, visando à eliminação dos modelos que ainda utilizam aterros sanitários e a possível transformação dos resíduos em subprodutos economicamente viáveis (DI CHIRICO, 2013; EUROSTAT, 2016).

Os processos de tratamento e reaproveitamento dos resíduos se inserem nos modelos de gestão que, em função da percepção de correlações positivas entre os desempenhos econômico e ambiental passaram a adotar estratégias ambientais. Nesses modelos, a gestão sustentável aplica o princípio dos três Rs: Reduzir, Reusar e Reciclar (SEHNEM, 2014).

Embora todas as propostas de tratamentos com uso de novas tecnologias representem mudanças importantes nas buscas de soluções, os custos para utilização regular desses sistemas inibem a participação dos países subdesenvolvidos. Para alguns desses países, os processos ainda caminham na fase de planejamento, mesmo com os compromissos estabelecidos nas agendas internacionais e reconhecimento da urgência de ações (UN, 2018).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos é o principal referencial para as ações locais nas esferas da União, Estados e Municípios. Em sua abrangência, dispõe sobre a gestão integrada no gerenciamento dos resíduos sólidos com inclusão dos resíduos sólidos perigosos, responsabilidades dos geradores, do poder público e instrumentos econômicos aplicáveis (CONAMA, 2010; MMA, 2010).

A responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos inclui fabricantes, importadores, distribuidores, o cidadão e titulares de manejo de resíduos sólidos urbanos, na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo (MMA, 2010).

A redução ou eliminação dos lixões é parte das metas do PNRS, que compõem o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMS). De acordo com o compromisso, até o ano de 2015, teriam que ser reciclados 20% dos resíduos. Entretanto, segundo a página institucional oficial, embora vigente há quase nove anos, apenas 40% lixões dos municípios brasileiros foram eliminados (MMA, 2010).

O PNRS prevê ainda a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (que apresentem valor econômico e viabilidade para reciclagem ou reaproveitamento) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado). A eliminação dos lixões também institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microregional, intermunicipal e metropolitano e municipal (MMA, 2010).

De acordo com os parâmetros do PNRS, o município do Rio de Janeiro desenvolveu, em 2014, o primeiro diagnóstico dos resíduos sólidos de todo o município, em parceria com o COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), um primeiro passo no sentido de estabelecer novas diretrizes para a gestão dos RS e do cumprimento dos compromissos estabelecidos nas agendas internacionais (SEMACE, 2015).

Em iniciativa inédita, foi elaborado um diagnóstico a partir da constatação da necessidade de identificação das principais fontes de resíduos sólidos, e respectivos quantitativos gerados no âmbito da Cidade do Rio de Janeiro. O “Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro – 2015” apresentou resultados importantes, que podem servir de parâmetro para um estudo semelhante a ser elaborado em relação aos RSPA. Pelo método utilizado na realização do diagnóstico, foi possível uma análise quali-quantitativa, com destaque para a situação dos Resíduos da Construção Civil (RCC), nos quais estão inseridos os RSPA (SEMACE, 2015).

Entre os primeiros resultados obtidos pela utilização da metodologia estatística no projeto da prefeitura, está a constatação do aumento de volume de RCC, identificados como decorrente do processo de revitalização da cidade do Rio de Janeiro, no período em que foram levantados os dados. Em outros países, iniciativas semelhantes são desenvolvidas, e somam-se ao esforço mundial conjunto no sentido da busca de soluções, que possam mitigar parte dos danos já causados à humanidade e ao meio ambiente. A Tabela 7 apresenta a síntese de iniciativas utilizadas em alguns países para a questão dos RSPA (SEMACE, 2015).

A avaliação dos modelos de gerenciamento dos resíduos utiliza ferramentas elaboradas a partir de experiência desenvolvidas em relação à realidade de cada região. Entretanto, algumas dessas experiências podem ser aplicadas a outras regiões com situações similares. A Tabela 7 apresenta os modelos já utilizados em alguns países.

Tabela 7: Modelos adotados em alguns países

Modelos de Avaliação de Sistemas de Gestão de Resíduos Utilizados	
China (Hangzou)	Baseado na avaliação do ciclo da vida em conjunto (desenvolvido na Dinamarca para avaliar impactos ambientais)
Dinamarca	Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies (EASEWASTE). Aplicado para encaminhamento de resíduos para a estação mais próxima e calcular o benefício da retirada de sacolas plásticas do meio ambiente.
Itália	Modelo matemático de Fabbricino (2001) para um sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos - Critério do Ótimo Econômico (Itália).
Japão	Modelo Japonês matemático para um sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos RSU – Custo benefício e “Ranking das cidades de conforto e amenidades. (Zhao et al. 2009).

Fonte: Dados obtidos em FABBRICINO (2001) e ZHAO (2009).

No Brasil as responsabilidades, os campos de atuação e abrangência de planejamento para o gerenciamento dos resíduos são inerentes a cada ente da federação. Devem ser observados por todos e devem estar em concordância com as metas do Plano Nacional. Do mesmo modo, o Plano de Gerenciamento dos Empreendimentos deve incorporar as diretrizes apontadas nos planos municipais, intermunicipais, microrregionais ou de regiões metropolitanas (OLIVEIRA, 2016).

Assim, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos definiu um planejamento de 20 anos, com revisão prevista a cada 4 anos e os municipais, apesar da autonomia, podem acompanhar o comando dado na PNRS para o plano nacional. Para as microrregiões, as regiões metropolitanas e as aglomerações urbanas, o planejamento pode ser elaborado e gerido pelo estado, conforme a lei, com a participação dos municípios e de acordo com prerrogativas a cargo desses entes. O conteúdo mínimo do planejamento para essas regiões deve seguir o mesmo do PMGIRS (OLIVEIRA, 2016).

8.1 O descarte do amianto no Rio de Janeiro

A gestão, coleta e o manejo dos resíduos sólidos urbanos, incluindo os resíduos da construção civil, resíduos industriais e demais *modalidades*, no município do Rio de Janeiro são realizados por empresas particulares prestadoras de serviços, e pela empresa pública vinculada à Prefeitura, Companhia de Limpeza Urbana – COMLURB. A destinação, vinculada ao tipo de resíduo a ser reduzido ou eliminado é gerida pelo mesmo sistema que realiza a coleta, triagem, transbordo e disposição (COMLURB, 2016; SMAC, 2014).

A destinação dos RSU poderá ser realizada em aterros sanitários, lixões ou vazadouros conforme a classificação decorrente da triagem. O município do Rio de Janeiro contava até 2012 com duas opções de disposição final de Resíduos Sólidos: o aterro de Gramacho e o de Gericinó. O primeiro encerrou suas atividades em maio de 2012, sendo inaugurado oficialmente o CTR de Seropédica (CTRRio) em abril do mesmo ano (COMLURB, 2016; SMAC, 2014).

Os resíduos sólidos urbanos contêm resíduos de construção civil que, de acordo com a procedência, podem conter amianto em sua composição. Um estudo de (FERREIRA, 2013) apresentou a composição gravimétrica dos resíduos de remoção gratuita pela COMLURB onde o percentual de amianto corresponde a 0,18% a partir de uma amostra de janeiro de 2013 quando foram recolhidas 5.524 toneladas de entulho oriundo de pequenos geradores (COMLURB, 2016; FERREIRA, 2013).

Os Planos de Gestão dos Resíduos Sólidos do município do Rio de Janeiro nos anos de 2012 e 2016 apresentaram os avanços nas políticas relacionadas ao manejo e destinação dos resíduos assim como as inovações tecnológicas dos equipamentos em uso no cumprimento das metas vinculadas aos planos nacionais de desenvolvimento e acordos internacionais de proteção ao meio ambiente e desenvolvimento sustentáveis. Entretanto, a gestão dos resíduos do amianto e seus derivados não aparecem contemplados, senão no que se refere ao conjunto dos resíduos perigosos. A inobservância de procedimentos previstos nos PGR amplia os riscos de contaminação da população e meio ambiente (Fig. 4 e 5) (COMLURB, 2016; SMAC, 2014).

Figura 5: Descarte inadequado de materiais de construção na Rua Projetada C, Vila Pinheiro - Maré – Rio de Janeiro.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 6: Descarte inadequado de materiais de construção na Rua Prefeito Júlio de Moraes Coutinho, Bairro Caju – Rio de Janeiro.



Fonte: Autor, 2018.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou contribuir de forma pontual, uma vez que abordou um dos aspectos da realidade do uso do amianto em sua fase final de danos na forma de resíduo perigoso, durante ou posterior a sua utilização, em alguns casos, já proibida.

Apesar da especificidade do tema, sua intrínseca inserção no contexto de um dos maiores desafios da atualidade, a gestão mundial dos resíduos decorrentes do consumo desordenado na maioria das regiões da terra, foi inevitável. A participação do amianto está contemplada no grupo dos produtos que precisam ser banidos, assim como seus resíduos precisam adequadamente transformados/tratados.

O estudo constatou que a movimentação das cargas de amianto ou produtos que contenham suas fibras poderá apresentar diferenças relacionadas ao nível de tecnologia aplicada e realidades locais. Do mesmo modo, os resíduos no final dos ciclos de produção e consumo poderão ser transportados em conformidade com as normas vigentes ou, em alguns casos, em desacordo conforme observado na pesquisa.

Outra constatação foi em relação à literatura que descreve o uso do amianto e as consequências da exposição às suas fibras em relação à saúde humana e ao meio ambiente, que tem sido ampliada, obtendo aspectos importantes para esse estudo. Entretanto, o impacto dessas informações não tem alcançado a proposição precípua que seria a redução ou mesmo a eliminação das consequências à saúde humana. Os estudos apontam para projeções de aumento casos de adoecimentos de pessoas que estiveram expostas e os respectivos prazos de latência das doenças relacionadas ao amianto se aproximam.

A inclusão de dados sobre o consumo bem como a sistematização da cadeia produtiva do amianto crisotila, não está relacionada à aceitação da sua utilização. O intuito é demonstrar que, apesar dos aspetos negativos e perspectivas dos casos de latência das exposições passadas, a mobilização e dinâmica do mercado permanecem ativas.

Não há como justificar, mesmo economicamente, a opção pelo risco de posterior e inevitável custo de reparação ao adoecimento por amianto bem como os custos de mitigação dos danos por contaminação ambiental. Os números são reais, ainda que veementemente muitas vezes ignorados, em um embate verdadeiramente desumano.

Assim, os desafios da agenda ambiental do século XXI incluem a coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos como uma das formas de enfrentamento do problema de falta de saneamento para toda a população. Trata-se de um obstáculo crescente e decorrente do desenvolvimento industrial a partir do século XIX. A inclusão de estudos que produzam

dados específicos como os resíduos perigosos do amianto torna-se uma questão imperiosa e ampliam esse desafio.

O presente estudo apresentou propostas de soluções em execução e outras em estudo por países que estão buscando reverter os processos que, reconhecidamente necessitam de transformação. Na maioria desses casos o desenvolvimento tecnológico e científico tem sido um elemento preponderante nos respectivos resultados alcançados. Desse modo, as novas tecnologias têm permitido soluções significativamente viáveis, mesmo que pontuais e atreladas a custos ainda altos e realidades de cada país.

Ao contexto apresentado pode ser acrescentada a proposta de utilização da recente ferramenta tecnológica do uso de drones em ações de geoprocessamento, com o objetivo de levantamento de dados e mapeamento do potencial de amianto instalado em telhados, caixas d'água e construções, do mesmo modo que no monitoramento do transporte e destinação inadequada dos RSA. A contribuição dessa tecnologia já é realidade em muitas áreas do conhecimento.

Aos que defendem a vida restam a permanente sentinela e busca por novas soluções que possam atenuar as consequências e resultados dessa luta, tais como os movimentos sociais com impactos semelhantes aos da Associação de Defesa das Vítimas do Amianto no Departamento TAM, na França; a Associação de Defesa das Vítimas do Amianto (AfeVA) de Casale Monferrato na Itália e da Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto (ABREA) no Brasil; o empenho da academia na contínua pesquisa e produção de dados e subsídios para decisões e demais ações de órgãos ou entidades que lutem pela vida.

As ações de mitigação e desenvolvimento de contínuos estudos são imprescindíveis à preservação da vida, entretanto, não terão sentido se não estiverem sincronizadas ao próprio desenvolvimento da espécie humana. A sociedade deve esforçar-se em conjunto da mesma maneira que os conhecimentos são passados de geração a geração. A terra que herdamos e em que habitamos deve ser preservada do mesmo modo aos que nos sucederão.

10. REFERÊNCIAS

- AGUILAR-MADRID, G., et al. **Globalization and the transfer of hazardous industry: asbestos in Mexico, 1979-2000.** Int J Occup. Environ Health 2003; 9:272-279. Disponível: www.researchgate.net/publication/10574012_Globalization_and_the_Transfer_of_Hazardous_Industry_Asbestos_in_Mexico_1979-2000 Acesso em: 18 fev. 2017.
- ALGRANTI, E. et al. **The next mesothelioma wave: mortality trends and forecast to 2030 in Brazil.** Cancer Epidemiol. [Internet] 2015; 39(5) Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.canep.2015.08.007>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. ATSDR. 2019. **Basic Polysilicate Structures of Asbestos.** ASBESTOS. CHEMICAL AND PHYSICAL INFORMATION. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp61-c4.pdf> Acesso em: 20 abr. 2019.
- BARBALACE, R.C. **Propriedades químicas e físicas do amianto.** Nosso Futuro Roubado. Disponível em: https://nossofuturoroubado.com.br/old/Asbesto_Propriedades.htm Acesso em: 19 mar. 2019.
- SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE – Ministério da Saúde. MS. **Perfil da morbimortalidade por doenças respiratórias crônicas no Brasil, 2003 a 2013.** Volume 47 N° 19 – 2016. ISSN 2358-9450. Disponível em: <http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2016/maio/06/2015-026-doencas-respiratorias-cronicas.pdf> Acesso: 26 mai. 2019.
- BORGES, H.B; FERNANDES, V. **O uso do amianto no Brasil: o embate entre duas racionalidades no supremo tribunal federal.** Ambiente & Sociedade. São Paulo. v. XVII, n. 2 n p. 175-194 n abr.-jun. 2014. Disponível em: <file:///G:/a12v17n2.pdf>. Acesso em: 10 mar. 19.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n° 348, de 16 de agosto de 2004.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34804.xml> Acesso em: 10 nov. 2017.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. MME. Legislação. **DECRETO N° 2.350, DE 15 DE OUTUBRO DE 1997.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/904349/Decreto> Acesso em: 22 out. 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA N° 777, DE 28 DE ABRIL DE 2004.** Disponível: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2004/prt0777_28_04_2004.html. Acesso em: 26 fev. 2018.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. MTE. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 15 - Atividades e operações insalubres.** Anexo n. 12 Limites de tolerância para poeiras minerais. Disponível em: <http://www.mte.gov.br> Acesso em: 20 fev. 2018.
- BRASIL. Supremo Tribunal Federal. STF. **Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) 3937.** Inconstitucionalidade do artigo 2° da Lei Federal 9.055/1995. Disponível em: www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=363263 Acesso em: 20 fev. 2018.

BRESTEIN, D.M. et al. **Resposta toxicológica do amianto crisotila brasileiro**: um estudo sobre toxicologia por inalação subcrônica[...]. *Journal Inhalation Toxicology*, 18(5): 313-32. 2006. Disponível em www.ibcbrasil.org.br/midias/downloads/17092014154738.pdf Acesso em: 22 mar. 2019.

CÂMARA, V.M. et al. A geração e o acúmulo de poluentes e suas ameaças para a saúde a curto e longo prazos. In: **Determinantes ambientais e sociais da saúde**. Galvão, L.A.C. (Org.). Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS, Washington, DC: OPAS, © 2011. Co-edição Editora Fiocruz. Disponível em: [file:///C:/Users/WP/Downloads/Determinandes-ambientais-e-sociais-da-saudepreliminares%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/WP/Downloads/Determinandes-ambientais-e-sociais-da-saudepreliminares%20(1).pdf). Acesso em: 25 ago. 2019.

CASTRO, H. A.; GIANNASI, F.; NOVELLO, C. **A luta pelo banimento do amianto nas Américas: uma questão de saúde pública**. *Ciência & Saúde Coletiva*. 8 (4): 903-911. 2003. p. 904. Disponível em: www.scielo.br/pdf/csc/v8n4/a13v8n4 Acesso em: 15 mai. 2015.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUTOS MINERAIS - DNPM. BRASIL (2015/16). **CRISOTILA**. Sumário Mineral 2015. p. 53. ISSN 0101 -2053. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015> Acesso em: 07 jan. 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. CETESB. **Amianto**. Ficha de informação Toxicológica. 2017. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Amianto_Asbesto.pdf Acesso em: 10 mai. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. CNT. **Boletim Estatístico de Fevereiro de 2019**. Movimentação Anual de Cargas e Passageiros. Matriz do Transporte de Cargas. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/home> Acesso em: 14 abr. 2019.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. COMLURB. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS da Cidade do Rio de Janeiro 2017-2020. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/4177431/D.O._28112016DECRETO42.605_2016PMGIRScompletocomanexos.pdf Acesso: 13 mai. 2019.

COSTA, I.C. **Estudo dos efeitos genotóxicos do amianto em trabalhadores expostos**. Rio de Janeiro: s.n., 2009. 78 f., il. tab. Disponível em: <https://bvssp.icict.fiocruz.br/lildbi/docsonline/get.php?id=194> Acessado em: 13/07/2016.

DI CHIRICO, V. **Incineração de resíduos urbanos**. Do original Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft TM, Zürich, 1996. Tradução autorizada pelo titular do © em 2013. Disponível em: http://www5.ensp.fiocruz.br/biblioteca/dados/txt_349995799.pdf Acesso em: 25 mar. 2018.

ELK, A.G.H.P. **Redução de emissões na disposição final – Rio de Janeiro**: IBAM, 2007. 40 p. 21 cm. (Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos). Disponível: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf Acesso em: 20 mai. 2018.

EUROPEAN COMMISSION. EUROSTAT. Directorate E: Sectoral and Regional Statistics Unit E-2: Environmental statistics and accounts; sustainable development. Disponível em: <https://ec.europa.eu/search> Acesso em: 13 set. 2019.

FARIA, H.P. et al. **Processo de trabalho em saúde**. NESCON/UFMG – Curso de Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família. 2ed. Belo Horizonte: Coopmed, 2009. 68p. Disponível em: https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/registo/Processo_de_trabalho_em_saude_1/ Acesso em: 25 fev. 2017.

FABBRICINO, M. **An integrated programme for municipal solid waste management**. Waste Management Research. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0734242X0101900502> Acesso em: 20 abr. 2019.

FERNANDES, M. da P. M.; SILVA FILHO, L. C. P. **Segurança do trabalho no beneficiamento do RCC inerte**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 113-126, abr./jun. 2015. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000200017>. Acesso em: 15 ago. 2018.

FERNANDEZ, J.A.B. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Relatório de Pesquisa. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. IPEA. Brasília. 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf Acesso em : 10 dez. 2018.

FERREIRA, A. R. L. F.; CARDOSO, H. M. **Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil**: Estudo de caso do município do Rio de Janeiro. Aline Ribeiro Lessa Ferreira e Hélinah Cardoso Moreira. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013. Disponível em: <http://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2013/aline-ribeiro-lessa-2013.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

FIGUEIREDO, F.F. **Similitudes na gestão dos resíduos sólidos urbanos em países centrais e periféricos**. Biblio3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 15 de mayo de 2012, Vol. XVII, nº 975. [ISSN 1138-9796]. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit/b3w-975.htm>. Acesso em: 01 mar. 2018.

FLANAGAN, D.M. **Asbestos**. Metal and minerals: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2016. ASBESTO [ADVANCE RELEASE U.S]. Department of Interior U.S. Geological Survey. In Science for changing the world - USGS. May, 2018. 8.1-8.9. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/asbestos/myb1-2016-asbes.pdf> Acesso em: 18 fev. 2018.

FUNKHOUSE, W.K. Uma Abordagem para estudo de casos. **Patologia**. Capítulo 8, páginas 224-225. Editora MacGrawHill Education. Lange. Artmed. Primeira edição 2015. Disponível (leitura) em: <https://books.google.br/books/abaout/Patologia.html?id=cxhCgAAQBAJ&print> Acesso em: 20 fev. 2018.

FURUYA, S. et al. **Global Asbestos Disaster**. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 1000; doi: 10.3390/ijerph15051000. Disponível em: www.mdpi.com/journal/ijerph Acesso em: 15 dez. 2018.

GIANASSI, F. A Eternit no Brasil. Cimento do Brasil. **Eternit e o grande julgamento do Amianto**. Secretaria Internacional para Banimento do Amianto (IBAS). Londres. Fevereiro de 2012. p. 65.

GOLDMAN, L.; AUSIELLO, D.G. **Tratado de medicina interna**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005; 22. Apud: Estudo dos efeitos genotóxicos do amianto em trabalhadores expostos. Dissertação (mestrado) ENSP. FIOCRUZ. Isabele Campos Costa. Rio de Janeiro: s.n., 2009. 78 f., il., tab. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/2321> Acesso: 17 dez. 2016.

GUALTIERI, A.F.; BOCCALETTI, M. **Recycling of product of thermal inertization of cement asbestos for the production of concrete**. Constr. Build. Mater. 25. 3561-3569. 2011. Disponível em: <https://kundoc.com/pdf-recycling-of-the-product-of-thermal-inertization-of-cementasbestos-for-the-produ.html> Acesso em: 29 nov. 2018.

GUALTIERI, A.F.; TARTAGLIA, A. **Thermal decomposition of asbestos and recycling in traditional ceramic**. J. Eur. Ceram. Soc., 1409-1418. 3561-3569. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0955221999002903> Acesso em: 28 jul. 2018.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste**. A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series knowledge paper. Urban Development & Local Government Unit World Bank 1818 H Street, NW Washington, DC 20433 USA. 2012. Disponível em: <file:///G:/RELATÓRIO%20BcoMundial%2068135.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2019.

ICF. INCORPORATED. **Construction and demolition waste landfills**. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste, Draft Report, 1995. Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/sqg/const/cdrpt.pdf> Acesso em: 13 jan. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER.. INCA. BRASIL. **Amianto, prevenção e fatores de risco**. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/cancer/site/prevencao-fatores-de-risco> Acessado em: 03/12/2016.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER . INCA. 2010. **Vigilância do câncer relacionado ao trabalho e ao ambiente**. Instituto Nacional de Câncer. Coordenação de Prevenção e Vigilância. 2e. rev. atual. Rio de Janeiro: INCA, 2010.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH IN CANCER. IARC. 2018. **ASBESTOS**. IARC Monographs-100C. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-11.pdf> Acesso em: 19 mar. 2019.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC). IARC. 2012. **Asbestos** (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite). IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2012;100C:219–309. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/index.php>. Acesso em: 11 mar. 2016.

JACOBI, R.P.; BESEN, G.R. **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estudos avançados 25 (71), 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/en_10.pdf Acesso em: 15 mar. 2018.

JANELA, J.M.E.M., PEREIRA, P.J.S. **Registros históricos do amianto no mundo e em Portugal**. 14799.2018.PDF. Disponível em: <https://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/14799.pdf> default/files/anexos/26516-26518-1-PB.pdf. Acesso em: 05 mar. 2019.

KUSIOROWSKI, R. et al. **Thermal decomposition of asbestos-containing materials**. J Therm Anal Calorim. 2013; 113(1): 179–88. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/81699560.pdf> Acesso em: 20 fev. 2019.

MHE. **Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Eber**. 2019. Disponível em: <https://museuhe.com.br/banco-de-dados/?termo=Asbesto&tipo=> Acesso em: 17 mar. 2019.

MINAYO, M.C.S. **Saúde e ambiente no processo de desenvolvimento**. Ciênc. Saúde Coletiva, 3(2): 4-5, 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. MS. Brasil. **Pneumoconioses**. Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/06_0443_M.pdf Acesso em: 20 mar. 19.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Conceitos Básicos de Toxicologia**. 2014-06-24. Disponível em: www.saude.pr.gov.br/arquivos/...intoxicacoes/Conceitos_Basicos_de_Toxicologia.pdf Acesso em: 20 jan. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2007: uma análise da situação de saúde**. Serie G. Estatística e Informação em Saúde. Brasília, 2008. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/saude-do-trabalhador>. Acesso em: 20 nov. 2016.

OLIVEIRA, T.B; GALVÃO J. **Planejamento municipal na organização da coleta seletiva**. Eng. Sanit. Ambient. v. 21 n.1 | jan/mar 2016 | 55-64 A.C. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n1/1413-4152-esa-21-01-00055.pdf> Acesso em: 20.08.2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. OMS. 1990. Apud JESUS, Jennifer Arika Santos de. **A saúde do servidor público federal no Brasil à luz da política e legislações**. 2016. 26.f. Escola Nacional de Saúde pública Sergio Arouca - Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana – CESTEJH, Rio de Janeiro, 2015.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. OPAS. 2018. **O impacto de substâncias químicas sobre a saúde pública: Fatores conhecidos e desconhecidos**. Brasília, DF. 2018. Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. OPASBRA 180022. Disponível em: <http://iris.paho.org> Acesso em: 15 mar. 2013.

PAULO, R.F. **O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores de impacto ambiental**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.7 n.13/14 p.173-189. Janeiro/Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/180> Acesso em: 20 dez. 2019.

PEREZ, M.A.M. (Org.). **Troca limpa: manual de capacitação de trabalhadores para a retirada e o descarte de telhas e caixas d'água com amianto nas obras de melhorias habitacionais do setor 1 da colônia Juliano Moreira**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ/ Programa de Desenvolvimento do Campus Fiocruz da Mata Atlântica, 2013. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/manual.troca_.limpa_15.maio_.pdf. Acesso em: 26 fev. 2018.

POTT, C.M.; ESTRELA, C.C. **Histórico ambiental:** desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v31n89/0103-4014-ea-31-89-0271.pdf> Acesso em: 16 jan. 2019.

RAMAZZINI, B. "**doenças dos mineiros**" (capítulo I). In: De Morbis Artificum Diatriba 1713. 2ª Edição. Apud René Mendes. A ATUALIDADE DE RAMAZZINI, 300 ANOS DEPOIS. THE MODERNITY OF RAMAZZINI, AFTER 300 YEARS. Disponível em: <http://www.saudeetrabalho.com.br/textos-miscelania-6.htm> Acesso em: 08 dez. 2016.

RIAL, C. (Org.). **O poder do lixo:** abordagens antropológicas dos resíduos sólidos. Organização de Carmen Rial. – Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Antropologia, 2016. Disponível em: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/180> Acesso em: 20 jul. 2018.

SEHNEM, S.; ROSSETTO, A. M. **Estratégia ambiental e desempenho econômico e ambiental.** Gest. Prod., São Carlos, v. 21, n. 4, p. 745-759, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/gp/v21n4/aop_834.pdf Acesso em: 20 fev. 2019.

Secretaria Municipal de Ambiente. SEMAC. **Diagnóstico Preliminar de Resíduos Sólidos da Cidade do Rio de Janeiro.** Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smac> Acesso em: 17 mai. 2016.

Senado Federal. BRASIL, 2016. **Resíduos sólidos e saneamento básico.** Brasília: Senado Federal, Coordenação de edições Técnicas, 2016. 364. Disponível em: www.livraria.senado.leg.br/.../direito-ambiental/residuos-solidos.htm. Acesso em: 23 fev. 2018.

SZNELWAR, J.J. Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030). Geologia, mineração e transformação mineral. **Relatório Técnico 35 Perfil da Crisotila.** CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/.../48860760-63f2-489e-b4b9-e16236fd1413 Acesso em: 26 fev. 2018.

SPASIANO, D.; PIROZZI, F. **Treatments of asbestos containing wastes.** Journal of Environmental Management. Volume 204, Part1. 15 December 2017. Pages 82-91. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971730823X> Acesso em: 20 mar. 2019.

TAMBELLINI, A. T. e MIRANDA, A. C. **Desenvolvimento, trabalho, saúde e meio ambiente.** / Anamaria Testa Tambellini, Ary Carvalho de Miranda. Rio de Janeiro: CEBES, 2012. 171p.; 14 X 21cm. Disponível em: <http://cebes.org.br/site/wp-content/uploads/2014/11/E-Book-5-Desenvolvimento-trabalho-sa%C3%BAde-e-meio-ambiente.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019.

TERRA FILHO M.; FREITAS J.P.; NERY L.E. **Doenças asbestos-relacionadas.** J. Bras. Pneumol. 2006; 32(Supl1): S48-S53. Capítulo 8. São Paulo. Maio 2006. p.48. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v32s2/a08v32s2.pdf> Acesso em: 17 ago. 2016.

UN Program 2018. **Fighting asbestos contamination in the Gâmbia**. United Nations Environment Programme. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/blogpost/fighting-asbestos-contamination-gambia> Acesso em: 20 fev. 2018.

USGS. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook 2016. **ASBESTO** [ADVANCE RELEASE U.S]. Department of Interior U.S. Geological Survey. In Science for changing the world - USGS. May, 2018. 8.1-8.9. Disponível em: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/asbestos/myb1-2016-asbes.pdf> Acesso em: 18 fev. 18.

U.S. EPA. **Asbestos**. 1332-21-4. Asbestos ver. ICF. August 2016. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-10/documents/asbestos.pdf> Acesso em: 17 mar. 2018.

WANG J.; SCHLAGENHAUF L.; SETYAN, A. **Transformation of the released asbestos, carbon fibers and carbon nanotubes from composite materials and the changes of their potential health impacts**. *J Nanobiotechnology*, 2017 Feb 20;15(1):15. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28219381> Acesso em: 17 jul. 2018.

WHO. World Health Organization. **Environmental Health Criteria 203 Chrysotile Asbestos**. International Programme on Chemical Safety. Geneva. 1998. Disponível em: www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc203.htm Acesso em: 02 mai. 2016.

YAMAMOTO T. et al. **Development of a testing method for asbestos fibers in treated materials of asbestos containing wastes by transmission electron microscopy**. *Waste Manag.* 2014. 34:536–41. 2014 Feb;34(2):536-41. doi: 10.1016/j.wasman.2013.11.008. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24355829> Acesso em: 15 jul. 2018.

ZHAO, W. et al. **Life cycle assessment of municipal solid waste management with regard to greenhouse gas emissions: case study of Tianjin, China**. *Sci Total Environ.* 2009 Feb 15; 407(5):1517-26. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.11.007. Epub 2008 Dec 9. PMID:19068268. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> Acesso em: 15 jul. 2018.