

**INCINERADORES DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS, PROCESSOS  
DE COINCINERAÇÃO E IMPLICAÇÕES  
PARA A SAÚDE HUMANA:  
PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO**

**1**

**CARLOS LOPES DOS SANTOS**

Doutor em Saúde Pública pela USP. Coordenador de cursos de Pós-Graduação na Área de Meio Ambiente da Universidade Santa Cecília.

**ELIANE MARTA QUIÑONES**

Doutora e Mestre em Engenharia Agrícola pela Unicamp. Graduada em Engenharia Agrônoma pela Unesp. Coordenadora de cursos de Graduação na Área de Engenharia da Universidade Metropolitana de Santos. Professora de cursos de Pós-Graduação da Universidade Santa Cecília e da Universidade Católica de Santos.

**JOÃO ROBERTO PENNA DE FREITAS GUIMARÃES**

Professor de cursos de Pós-Graduação na Área de Meio Ambiente da Universidade Santa Cecília.

**AUREO EMANUEL PASQUALETO FIGUEIREDO**

Professor titular da cadeira de Estradas da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Santa Cecília.

**ARISTIDES FARIA LOPES DOS SANTOS**

Professor do Curso de Graduação em Hotelaria do Senac-Santos.

**LIDYANE OLIVEIRA DOS SANTOS**

Pós-Graduada em Controle e Gestão Ambiental pela Universidade Santa Cecília. Pós-Graduada em Ecologia e Gestão Ambiental pela UFMG. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Santos.

## ÁREA DO DIREITO: Ambiental

**RESUMO:** Neste trabalho analisam-se os riscos potenciais, ambientais e de saúde pública, derivados de operações de incineração de resíduos sólidos e de coincineração de resíduos em fornos de cimento, abrangendo aspectos toxicológicos derivados da presença de poluentes gerados durante as operações citadas e seus efeitos. Por fim, é feita uma abordagem da possível aplicabilidade do Princípio da Precaução e de alternativas já adotadas no mundo para substituir a incineração de resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incineração - Toxicologia - Poluição - Proteção ambiental - Aspectos legais.

**ABSTRACT:** In this paper we analyze the potential environmental and public health risks derived from the operations from incineration of solid waste and waste-incineration in cement kilns, including toxicological aspects arising from the presence of pollutants generated during the operations mentioned above and their effects. Finally, an approach is made possible applicability of the Precautionary Principle and alternatives if world have adopted to substitute the waste incineration.

**KEYWORDS:** Incineration - Toxicology - Pollution - Environmental safety - Legal aspects.

**SUMÁRIO:** 1. Introdução - 2. Coincineração em fornos de cimento - 3. Riscos relacionados a incineração - 4. Riscos relacionados a coincineração - 5. Outros riscos derivados dos incineradores - 6. A "nova geração" de processos de incineração e seus riscos - 7. Princípio da Precaução - 8. Opções para a incineração - 9. Conclusão - 10. Referências.

## 1. INTRODUÇÃO

Enquanto o homem manteve uma característica nômade, o acúmulo de lixo não existia. A partir da acomodação do homem em pontos específicos, com o surgimento de vilas e, posteriormente, de cidades, o lixo foi sendo acumulado e armazenado em áreas conhecidas como "lixões".

A partir dos anos 70, os países de 1.º mundo descobriram que os resíduos dos "lixões" apresentavam diversos problemas, como a contaminação dos solos e de lençóis subterrâneos, contaminando rios e estuários, incluindo águas de abastecimento das cidades, além da poluição atmosférica.

A opção de se queimar o lixo apareceria como uma solução atraente, que eliminaria o volume de resíduos a um terço do volume original, dando uma maior vida útil aos aterros para resíduos sólidos, que vieram a substituir os "lixões".

Inicialmente os incineradores apresentavam uma etapa única no processo da queima da massa de resíduos e posteriormente o processo foi ampliado para duas etapas, a primeira para a massa de resíduos e a segunda para a queima e filtragem de material particulado e de gases.

Além dos gases há o material não combustível que é gerado após a combustão, conhecido como "cinzas de fundo", que é recolhido para ser enviado aos aterros, bem como existem as "cinzas volantes", que apresentam tamanho muito pequeno e ficam em suspensão, necessitando de sistemas de controle e captação, sem o que são diretamente eliminadas pelas chaminés (BAIRD, 2002).

Como a composição dos resíduos sólidos de uma cidade é complexa, contendo desde matéria orgânica (proveniente principalmente de restos de alimentos e bebidas), até produtos químicos dos mais diversos, que acabam descartados na mesma embalagem (como restos de produtos de limpeza, tintas, cosméticos, inseticidas, lâmpadas, pilhas, baterias, plásticos e medicamentos), reações físico-químicas ocorrem dentro do incinerador, gerando uma série de novos subprodutos e compostos tóxicos, como veremos a seguir.

## 2. COINCINERAÇÃO EM FORNOS DE CIMENTO

Uma outra forma de incineração ganhou espaço nas fábricas de cimento. O cimento é fabricado em fornos rotativos e longos, nos quais as matérias-primas do produto são misturadas, como calcário, areia, argila, óxido de ferro e óxido de alumínio, em temperaturas entre 1.200 e 1.500° C.

Descobriu-se que o óxido de ferro e óxido de alumínio poderiam ser substituídos por alguns resíduos que conseguem cumprir a sua função, barateando o custo de produção do cimento durante o processo de queima.

No Brasil, a maior concentração de unidades de coincineração fica na área onde igualmente há a maior concentração de unidades de calcinação, ou seja, nos Estados de Minas Gerais (58%), São Paulo (27%) e Rio de Janeiro (5%), para baratear os custos de transporte, já que o calcário é a matéria-prima para fabricação do cimento (MILANEZ, 2009, p. 2148).

Os resíduos a serem incinerados são acrescentados no forno, que originalmente foi projetado apenas para produzir cimento, o que já indica despreparo para o controle das emissões de outros materiais e substâncias (resíduos).

## 3. RISCOS RELACIONADOS A INCINERAÇÃO

A incineração de resíduos sólidos é um processo de combustão complexo, uma vez que os resíduos colocados para incinerar são variados quanto à forma, tamanho, estado físico, mistura e composição. Até mesmo as condições climáticas alteram o processo, pois resíduos molhados por chuvas alteram as condições físico-químicas dentro do forno. A massa de resíduos é, portanto, heterogênea e, nas palavras de Niessen, "sempre problemática" (NIESSEN, 2002, p. 102).

Esta grande variedade que caracteriza os resíduos a incinerar torna o processo passível de falhas, pois caso o controle de abastecimento do incinerador não seja eficaz, parte dos resíduos simplesmente não queima. Trata-se do processo de combustão mais difícil de se estabilizar de que se tem conhecimento, por apresentar mudanças contínuas nos parâmetros envolvidos (BAUKAL JR., 2004, p. 730).

Dentre os principais problemas apontados por Niessen (2002), temos:

- Tempo de residência do resíduo na câmara de combustão insuficiente;
- Temperatura na câmara de combustão insuficiente para se completar a combustão dos resíduos, gerando áreas frias;
- Mistura inadequada de resíduos e do ar para se completar a combustão.

Mesmo que sejam encontradas as condições ideais para o processo, ou seja, uma quantidade de resíduos muito bem dosada, uma mistura eficaz de resíduos e oxigênio no interior do forno, tempo de permanência dos resíduos na câmara de combustão e a manutenção de temperaturas estáveis de queima (o que é quase impossível, pelas variáveis já indicadas no parágrafo anterior), resíduos indesejáveis são gerados no final do processo, ou seja, a incineração não é um processo que “elimina” os resíduos, mas apenas diminui o seu volume.

No final do processo, o que se obtém é um outro tipo de resíduo, na forma de cinzas contaminadas por diversos agentes e compostos tóxicos, principalmente nas “cinzas volantes”. Segundo Baird (2002) “os controles das emissões dos incineradores do lixo sólido municipal podem controlar grande parte, mas não todas as substâncias tóxicas lançadas no ar pelo processo de combustão” (BAIRD, 2002, p. 538).

Como se constata na Tabela 1, a seguir, há diversos resíduos provenientes de residências e de estabelecimentos comerciais que geram agentes químicos tóxicos como subprodutos nos incineradores:

Tabela 1: Principais contaminantes encontrados em resíduos que seguem para incineradores e suas fontes, segundo Baukal Jr. (2004) e Assunção e Pesquero (1999):

Contaminantes	Fontes
Chumbo	Baterias chumbo-ácidas
Chumbo	Cerâmicas e vidros esmaltados
Chumbo	Zarcão, bases anticorrosivas
Mercúrio	Lâmpadas fluorescentes
Mercúrio	Baterias contendo mercúrio
Mercúrio	Termômetros e instrumentos contendo mercúrio
Diversos metais pesados	Plásticos e embalagens diversas

Diversos metais pesados

Cádmio

Cádmio

Cádmio e Níquel

Cromo

Ácido Clorídrico

Dioxinas e furanos

Dioxinas e furanos

Restos de tintas e vernizes

Estabilizantes de plásticos

Embalagens de plástico

Baterias de Cádmio e Níquel

Resíduos de couro

Garrafas de PVC

Plásticos, hidrocarbonetos clorados

Papel e celulose

Todo processo de combustão gera resíduos tóxicos, a começar pelo fato de que a combustão nunca é completa, apenas parcial. Por tal motivo é que são geradas cinzas quando há queima de resíduos. Tal material particulado possui uma porção inorgânica em sua composição, caracterizada por sílica, alumínio e cálcio, bem como metais pesados (no caso dos incineradores), substâncias cancerígenas (NIESSEN, 2002).

Além desta característica, o tamanho das cinzas volantes é da ordem de 2,5 micra, não filtrado pelos equipamentos de controle da poluição, o que oferece um risco adicional a saúde pública, por representar um particulado inalável e respirável, ou seja, que consegue não apenas entrar nos pulmões, mas seguir para a corrente sanguínea. Junto a tais materiais particulados ficam adsorvidas moléculas de inúmeros agentes químicos tóxicos, como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), as dioxinas e furanos e as bifenilas policloradas, que conseguem se locomover a grandes distâncias pela ação dos ventos (NIESSEN, 2002).

Uma das grandes dificuldades no processo de incineração se relaciona justamente ao diminuto tamanho das cinzas, em termos de controle da sua emissão para a atmosfera. A maior quantidade de cinzas gerada é justamente a da ordem de 2,5 micra, representando uma maior área para a adsorção de moléculas de elementos químicos tóxicos, ao mesmo tempo que até os dias atuais representa um problema para sua retenção em filtros.

A presença destes agentes tóxicos se deve não apenas aos próprios resíduos que são queimados dentro da câmara de combustão, mas também pelo tipo de combustível usado para se gerar a queima. No caso de óleos combustíveis, a presença de enxofre no óleo já causa a emissão de compostos sulfurosos no processo, além de uma grande variedade de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

Os incineradores modernos estão apresentando um novo risco quando comparados aos incineradores antigos: os primeiros incineradores emitiam

grande quantidade de dioxinas e furanos (compostos organoclorados)<sup>1</sup> para a atmosfera, enquanto os atuais incineradores estão concentrando mais dioxinas e furanos nas cinzas e estas são destinadas para aterros (THOMPSON; ANTHONY, 2008).

Assim, os mesmos autores identificaram que o problema das dioxinas geradas pelos incineradores não foi solucionado, mas apenas mudou de lugar: antes, uma expressiva quantidade de dioxinas e furanos era dispersa pela atmosfera, atingindo as populações que viviam ao redor dos incineradores; atualmente, esta grande quantidade vai para o solo, pois as referidas cinzas devem ser destinadas para os aterros.

O relatório emitido por Thompson e Anthony (2008) é um dos mais impressionantes documentos que analisam em profundidade as operações de incineração e os problemas relacionados, merecendo destaque:

- A remoção de Óxidos Nitrosos dos incineradores, mesmo nos mais modernos, é de apenas 60%. Os 40% restantes são convertidos em Dióxido de Nitrogênio, ocasionando chuva ácida. A ação dos raios solares resulta em outro poluente atmosférico: o Ozônio;
- Os poluentes orgânicos emitidos por incineradores apresentam uma variedade de alterações para a saúde humana que não possui qualquer limite de tolerância conhecido: alterações no sistema imunológico, alteração no comportamento dos cromossomos, disrupção endócrina, alterações comportamentais e diminuição da inteligência;
- Incineradores emitem trinta e cinco diferentes tipos de metais para o ar e que também são agregados nas cinzas formadas durante o processo de queima. Alguns destes metais atuam como catalizadores para as dioxinas, facilitando sua formação e fixação nas cinzas;
- Quanto menor o tamanho de uma partícula de poluente, maior é o efeito deletério causado na saúde. Como acima comentamos, a maior quantidade de partículas que um incinerador emite é a de tamanho muito pequeno (da ordem de 2,5 micra). Os metais pesados e as dioxinas aderem com grande facilidade nestas partículas, potencializando seus efeitos tóxicos;
- O monitoramento das emissões de metais pesados de incineradores no Reino Unido é feito em intervalos muito grandes, variando de uma a quatro vezes por ano. O correto seria efetuar um monitoramento contínuo;

1. Compostos organoclorados são compostos de estruturas cíclicas que contêm cloro, altamente lipofílicos e persistentes no meio ambiente.

- O monitoramento das emissões de dioxinas de incineradores no Reino Unido é feito por apenas 1% do tempo total de operação dos incineradores, no ano;
- Nenhum monitoramento de resíduos químicos persistentes é feito ao redor dos incineradores;
- 58% dos subprodutos gerados por combustão incompleta nos incineradores são simplesmente desconhecidos;
- Não apenas as populações que residem próximas aos incineradores e os trabalhadores que atuam nas plantas de incineração estão sujeitos a intoxicação derivadas das emissões atmosféricas: as emissões atingem plantações e rios, e alguns dos subprodutos da incineração são bioacumulativos. Assim, populações distantes são atingidas por comprarem alimentos que são contaminados nas proximidades dos incineradores;
- Durante as partidas e paradas dos incineradores, a emissão de dioxinas aumenta assustadoramente: durante os dois primeiros dias de operação, após um incinerador ficar parado (para manutenção, por exemplo), a emissão de dioxinas equivale a 60% do nível anual de emissão esperado. Em alguns incineradores, este nível de emissão chega ao dobro do esperado para um ano, em apenas dois dias;
- A queima de resíduos radioativos em incineradores gera milhões de partículas radioativas em tamanho muito pequeno, exatamente a condição mais propícia para que as radiações ionizantes atinjam o corpo humano.

Compostos organoclorados apresentam alta resistência à degradação química e biológica e alta solubilidade em lipídios. A combinação entre a baixa solubilidade em água e a alta capacidade de adsorção na matéria orgânica leva ao acúmulo desses compostos ao longo da cadeia alimentar, especialmente nos tecidos ricos em gorduras dos organismos vivos, eis que os organoclorados, ao entrarem em contato com o solo e as águas, contaminam a biota e o ser humano, por este último se encontrar no topo da cadeia alimentar (FLORES et al, 2004).

Outros agentes químicos de interesse toxicológico, emitidos por incineradores, incluem álcoois, aldeídos, éteres, cetonas, ácidos orgânicos, aminas, óxidos de nitrogênio, solventes clorados e diversos ácidos halogênicos, como os ácidos clorídrico, fluorídrico e bromídrico (NIESSEN, 2002).

Destaque deve ser dado ao mercúrio (Hg) que aparece nos gases dentro das câmaras de combustão, por ser altamente volátil e de difícil controle. Como vimos na Tabela 1, acima, diversos tipos de resíduos contribuem para que o mercúrio e seus compostos (como sulfetos e cloretos de mercúrio) apareçam

nas emissões dos incineradores. Segundo Niessen (2002), quase todo o mercúrio que se encontra nos resíduos que entram na câmara de alimentação dos incineradores aparece nos gases da câmara de combustão, ou seja, este metal simplesmente não é destruído, só é desprendido dos resíduos e passa à forma gasosa, o que representa elevado risco. Acrescenta que os dados relativos ao controle das emissões de mercúrio, nos incineradores, são “inconsistentes”.

Em algumas regiões de Taiwan, China e Índia, as emissões dos incineradores para queima de lixo municipal passam de 500 µg de material particulado por metro cúbico de ar, nível considerado absurdo pela comunidade internacional (MACZULAK, 2010).

Diversos estudos efetuados fora do Brasil indicam um crescimento de casos de diversos tipos de câncer e outros sérios problemas de saúde relacionados a gravidez, como baixo peso ao nascer e anomalias congênitas, em populações que residiam próximas a incineradores para lixo municipal, justamente pela dispersão destes agentes químicos tóxicos para as áreas onde se encontravam moradores, ao redor das plantas de incineração.

Viel et al (2000) identificaram um grupo de sarcomas e linfomas não Hodgkin numa população vivendo próxima a um incinerador de lixo municipal com elevados níveis de emissão de dioxinas em Besançon, na França.

Franchini et al (2004) indicam relação significativa entre a exposição de populações em áreas onde existem incineradores e suas emissões atmosféricas e câncer de pulmão, sarcomas e linfomas não Hodgkin, além de cânceres em crianças.

Zambon et al (2007) encontraram relação direta entre a proximidade de moradores a um incinerador de resíduos municipais e o aumento de sarcomas, em Veneza, na Itália.

Em 2008, Viel et al fizeram novo estudo na França e confirmaram o aumento de incidência de linfomas não Hodgkin por exposição a dioxinas emitidas por incineradores de lixo municipal de La Tonche, Isère.

Gouveia e do Prado (2010) confirmam que as emissões atmosféricas de incineradores levam ao aumento de risco de diversos tipos de câncer (linfoma não Hodgkin, sarcomas, câncer de pulmão, fígado e laringe) além de efeitos indesejados relacionados a gravidez, como baixo peso ao nascer e anomalias congênitas (GOUVEIA e DO PRADO, 2010, p. 4).

Os mesmos autores indicaram que na cidade de São Paulo, o incinerador Vergueiro (desativado em 2002), emitia concentrações relevantes de arsênico, cádmio e dioxinas para a região vizinha, em bairro de alta concentração populacional. O número de casos de câncer de pulmão e de linfoma não Hodgkin

observado pelos pesquisadores foi superior ao esperado, em avaliações feitas ao redor da fonte (incinerador), em raios concêntricos de até sete quilômetros de distância a partir da origem das emissões (GOUVEIA e DO PRADO, 2010, p. 8).

A Organização Mundial da Saúde confirmou que há aumento de casos de câncer de estômago, rins, fígado, pulmões, pleura e bexiga e excesso de risco para o desenvolvimento de cânceres de fígado e de estômago, após estudos desenvolvidos na região de Campânia, na Itália, em área onde há incineradores e aterros clandestinos de resíduos sólidos (WHO, 2007, p. 11).

Freitas Guimarães (2005) identifica as dioxinas e furanos como subprodutos emitidos pelos processos de incineração, destacando seu potencial de disrupção endócrina<sup>2</sup> para o organismo humano, colocando as populações expostas a tais poluentes como em risco.

#### 4. RISCOS RELACIONADOS A COINCINERAÇÃO

A coincineração em fornos de cimento também emite dioxinas e furanos durante o processo de combustão, como alertam Milanez et al (2009). Os autores alertam também quanto à emissão de metais pesados neste processo e para o fato de que os metais não são destruídos durante a coincineração, mas sim redistribuídos pelas cinzas e material particulado. Os metais mais voláteis, como o mercúrio e o tálio, saem pelas chaminés dos fornos de cimento, enquanto que metais semivoláteis, como o cádmio e chumbo acabam incorporados ao *clínquer* (mistura gerada dentro do forno), exatamente o que ocorre com o arsênico e o cromo (não voláteis).

Portanto, além da poluição gerada por material particulado, a produção de cimento com a coincineração também emite diferentes produtos tóxicos em suas emissões atmosféricas e os incorpora no produto final, que chega até os trabalhadores da construção civil, ao usá-lo.

Diversos estudos, internacionais e nacionais, já constataram os riscos para a saúde ocupacional e saúde pública relacionados ao processo de coincineração em fornos de cimento. Alguns exemplos são relatados a seguir.

Na Inglaterra, estudos associaram maior incidência de câncer em crianças que moravam nas proximidades de algumas indústrias, incluindo fábricas de cimento com processos de coincineração.

2. Disruptores endócrinos são agentes e substâncias químicas que promovem alterações no sistema endócrino humano e nos hormônios. Muitas destas substâncias são persistentes no meio ambiente, acumulam-se no solo e no sedimento de rios, são facilmente transportadas a longas distâncias pela atmosfera de suas fontes. Acumulam-se ao longo da cadeia trófica.

nas emissões dos incineradores. Segundo Niessen (2002), quase todo o mercúrio que se encontra nos resíduos que entram na câmara de alimentação dos incineradores aparece nos gases da câmara de combustão, ou seja, este metal simplesmente não é destruído, só é desprendido dos resíduos e passa à forma gasosa, o que representa elevado risco. Acrescenta que os dados relativos ao controle das emissões de mercúrio, nos incineradores, são “inconsistentes”.

Em algumas regiões de Taiwan, China e Índia, as emissões dos incineradores para queima de lixo municipal passam de 500 µg de material particulado por metro cúbico de ar, nível considerado absurdo pela comunidade internacional (MACZULAK, 2010).

Diversos estudos efetuados fora do Brasil indicam um crescimento de casos de diversos tipos de câncer e outros sérios problemas de saúde relacionados a gravidez, como baixo peso ao nascer e anomalias congênitas, em populações que residiam próximas a incineradores para lixo municipal, justamente pela dispersão destes agentes químicos tóxicos para as áreas onde se encontravam moradores, ao redor das plantas de incineração.

Viel et al (2000) identificaram um grupo de sarcomas e linfomas não Hodgkin numa população vivendo próxima a um incinerador de lixo municipal com elevados níveis de emissão de dioxinas em Besançon, na França.

Franchini et al (2004) indicam relação significativa entre a exposição de populações em áreas onde existem incineradores e suas emissões atmosféricas e câncer de pulmão, sarcomas e linfomas não Hodgkin, além de cânceres em crianças.

Zambon et al (2007) encontraram relação direta entre a proximidade de moradores a um incinerador de resíduos municipais e o aumento de sarcomas, em Veneza, na Itália.

Em 2008, Viel et al fizeram novo estudo na França e confirmaram o aumento de incidência de linfomas não Hodgkin por exposição a dioxinas emitidas por incineradores de lixo municipal de La Tonche, Isère.

Gouveia e do Prado (2010) confirmam que as emissões atmosféricas de incineradores levam ao aumento de risco de diversos tipos de câncer (linfoma não Hodgkin, sarcomas, câncer de pulmão, fígado e laringe) além de efeitos indesejados relacionados a gravidez, como baixo peso ao nascer e anomalias congênitas (GOUVEIA e DO PRADO, 2010, p. 4).

Os mesmos autores indicaram que na cidade de São Paulo, o incinerador Vergueiro (desativado em 2002), emitia concentrações relevantes de arsênico, cádmio e dioxinas para a região vizinha, em bairro de alta concentração populacional. O número de casos de câncer de pulmão e de linfoma não Hodgkin

observado pelos pesquisadores foi superior ao esperado, em avaliações feitas ao redor da fonte (incinerador), em raios concêntricos de até sete quilômetros de distância a partir da origem das emissões (GOUVEIA e DO PRADO, 2010, p. 8).

A Organização Mundial da Saúde confirmou que há aumento de casos de câncer de estômago, rins, fígado, pulmões, pleura e bexiga e excesso de risco para o desenvolvimento de cânceres de fígado e de estômago, após estudos desenvolvidos na região de Campânia, na Itália, em área onde há incineradores e aterros clandestinos de resíduos sólidos (WHO, 2007, p. 11).

Freitas Guimarães (2005) identifica as dioxinas e furanos como subprodutos emitidos pelos processos de incineração, destacando seu potencial de disrupção endócrina<sup>2</sup> para o organismo humano, colocando as populações expostas a tais poluentes como em risco.

#### 4. RISCOS RELACIONADOS A COINCINERAÇÃO

A coincineração em fornos de cimento também emite dioxinas e furanos durante o processo de combustão, como alertam Milanez et al (2009). Os autores alertam também quanto à emissão de metais pesados neste processo e para o fato de que os metais não são destruídos durante a coincineração, mas sim redistribuídos pelas cinzas e material particulado. Os metais mais voláteis, como o mercúrio e o tálio, saem pelas chaminés dos fornos de cimento, enquanto que metais semivoláteis, como o cádmio e chumbo acabam incorporados ao *clínquer* (mistura gerada dentro do forno), exatamente o que ocorre com o arsênico e o cromo (não voláteis).

Portanto, além da poluição gerada por material particulado, a produção de cimento com a coincineração também emite diferentes produtos tóxicos em suas emissões atmosféricas e os incorpora no produto final, que chega até os trabalhadores da construção civil, ao usá-lo.

Diversos estudos, internacionais e nacionais, já constataram os riscos para a saúde ocupacional e saúde pública relacionados ao processo de coincineração em fornos de cimento. Alguns exemplos são relatados a seguir.

Na Inglaterra, estudos associaram maior incidência de câncer em crianças que moravam nas proximidades de algumas indústrias, incluindo fábricas de cimento com processos de coincineração.

2. Disruptores endócrinos são agentes e substâncias químicas que promovem alterações no sistema endócrino humano e nos hormônios. Muitas destas substâncias são persistentes no meio ambiente, acumulam-se no solo e no sedimento de rios, são facilmente transportadas a longas distâncias pela atmosfera de suas fontes. Acumulam-se ao longo da cadeia trófica.

(por exemplo) são bem maiores do que as medições pontuais que ocorrem semestralmente e apenas por algumas horas (DEARDEN, 2008).

Estes resultados comprovam algo assustador: um incinerador pode ser programado para operar sob condições “ótimas”, mas não necessariamente há um efetivo controle para que a operação ocorra desta forma. O aumento de carga para incineração (com aumento de produtividade) reduz a mistura de ar e resíduos, pode levar resíduos úmidos para a câmara de combustão e, ainda, o incinerador pode ser operado em temperaturas de queima inferiores aquelas do projeto original, produzindo uma queima irregular, em condições desfavoráveis, aumentando a emissão de agentes tóxicos.

Estudos de saúde ocupacional comprovaram evidências de desenvolvimento de câncer de pulmão, aumento de níveis de dioxinas e furanos no sangue e mutação no sistema urinário de trabalhadores em plantas de incineração, segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2007, p. 16).

Quanto aos incineradores de Resíduos de Serviço de Saúde, Intima (2004) constatou que trabalhadores ficam expostos a diversos metais pesados (arsênio, berílio, cádmio, chumbo e mercúrio) em concentrações altas, acima dos limites permissíveis pela legislação brasileira, caracterizando risco grave e iminente para a saúde dos mesmos. Além desta condição, constatou que a população do entorno do incinerador estava exposta aos mesmos metais pesados.

Os aterros onde são dispostas as cinzas de incineração representam elevado risco para as populações vizinhas, na medida em que a disposição se dá a céu aberto (muito comum no Reino Unido) ou em galpões que apresentam apenas cobertura superior, mas que apresentam as laterais abertas. É evidente que a ação dos ventos possibilita a dispersão das cinzas e poeiras de tamanho reduzido a distâncias consideráveis.

Finalmente, é relevante destacar o fato de que antigos incineradores que eram usados em países desenvolvidos, foram banidos por apresentarem diversos problemas, mas seu uso não foi eliminado: países em desenvolvimento compram incineradores antigos e os colocam em operação, repetindo os problemas identificados nos países de origem em novas localidades (WHO, 2007, p. 32).

#### PROCESSOS DE INCINERAÇÃO E SEUS RISCOS

meio de novas

ampla movimentação popular que vem ocorrendo em países -  
EUA contra a incineração – as populações não querem mais incineradores nas cidades.

Assim, os próprios fabricantes dos incineradores vêm propondo as novas tecnologias para substituir os antigos incineradores, alegando que estas (arco de plasma, pirólise, *cracking* catalítico e gaseificação) permitiriam se chegar à chamada *emissão zero*.

A primeira observação que temos a fazer é que, com tais propostas, os fabricantes reconhecem que os processos tradicionais de incineração apresentam emissões atmosféricas, situação que há alguns anos não queriam reconhecer, mas que agora, com as novas propostas, provocaram uma *mudança de discurso*.

A segunda observação é a de que as propostas indicam que *todos os tipos de resíduos* podem ser processados pelas novas tecnologias, incluindo-se aqueles radioativos, resíduos de serviços de saúde, resíduos químicos perigosos, lodos de esgoto etc., sem qualquer tipo de emissão (poluição).

Além destes *atrativos*, os fabricantes oferecem a cogeração de energia para os municípios, tornando suas propostas ainda mais atraentes, ou seja, enquanto estariam *eliminando os resíduos*, as novas tecnologias aproveitam os próprios equipamentos e geram energia elétrica para as comunidades vizinhas, uma forma irresistível de atrair a comunidade e os governos locais para a aprovação dos empreendimentos.

É interessante observar, contudo, que as propostas têm sido recusadas pelo governo da Califórnia, por exemplo, pois a comprovação da dita *emissão zero* não se dá e os fabricantes simplesmente não conseguem comprová-la (GREENACTION; GAIA, 2006).

Pior, avaliações de emissões provenientes das novas tecnologias já compravam a emissão para a atmosfera de alguns dos compostos químicos tóxicos já conhecidos, por serem emitidos por incineradores, mas em concentrações ainda maiores. A título de exemplo, a tecnologia de pirólise implantada em Romoland, localizada em Riverside County, na Califórnia foi avaliada pelo *South Coast Air Quality Management District*, após o empreendedor ter efetuado testes e garantir que não havia risco algum para as comunidades vizinhas. Os resultados são perturbadores: a tecnologia de pirólise implantada na região emite mais dioxinas, óxidos nitrosos, material particulado e compostos orgânicos voláteis para a atmosfera do que os dois incineradores de resíduos sólidos municipais da área de Los Angeles (GREENACTION; GAIA, 2006, p. 7).

e gaseificação. Especificamente no caso da pirólise, há aumento significativo da emissão de átomos de organoclorados e compostos congêneres de dioxinas e furanos, quando comparados as emissões de incineradores tradicionais (CONESA et al, 2009 apud CIPLET, 2009).

## 7. PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

O Princípio da Precaução possui sua origem no Direito Alemão, em meados dos anos 70, pelo planejamento e adoção de ações que evitassem a implantação de empreendimentos que pudessem oferecer a degradação ambiental. (CEZAR; ABRANTES, 2003). Influenciou mundialmente diversos países que sentiram a necessidade de implantar políticas de proteção ambientais.

Entretanto, o Direito Alemão ainda não considerava um importante conceito, a fim de oferecer a verdadeira prevenção de riscos: o conhecimento científico e suas limitações.

O Princípio da Precaução, segundo o art. 15 da *Declaração do Rio* (ZIGLIO; COMEGNA, 2004) prevê que, quando existirem sérias ameaças de riscos ou danos irreversíveis à saúde da população, não será utilizada a *falta de argumentação científica* como razão para o adiamento de medidas eficazes para evitar a degradação ambiental:

“De modo a proteger o meio ambiente, a abordagem precautória deve ser largamente aplicada pelos Estados de acordo com suas capacidades. Onde houver ameaça de dano sério ou irreversível, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como uma razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”.

Esta, ao nosso ver, é a *essência* do Princípio da Precaução, na medida em que se pode passar um longo tempo, compreendido por anos ou décadas, até que se tenha a certeza científica de que uma determinada condição oferece riscos à saúde humana e, neste longo período, o prejuízo à humanidade pode ser irreversível, como a história assim já o provou após a exposição de milhões de pessoas a contaminantes químicos.

Alguns exemplos se fazem pertinentes quanto a tal aspecto. O DDT, ou 1,1,1-tricloro-2,2-bis (4-cloro-fenil) etano, por exemplo, foi considerado nos anos quarenta como um *milagre* da tecnologia que poderia até *acabar com a fome no mundo*. Seu criador, Paul Müller, ganhou até o Prêmio Nobel em 1948 (COLBORN et al, 2002).

O que se viu nos anos 70, contudo, foi um nível de persistência deste pesticida em todos os sítios ambientais (ar, solo, água), alterando a biota, contami-

nando aquíferos, modificando a reprodução de espécies animais e ocasionando distúrbios hormonais dos mais diversos pelo mundo (COLBORN et al, 2002).

Outro exemplo significativo é o dos PCB, ou *Policloreto de Bifenilas*, que no Brasil ficaram comercialmente conhecidos como *Askarel*, produto usado principalmente como óleo isolante de transformadores e capacitores. Um dos impressionantes exemplos de como o PCB contamina não apenas a água, mas os animais e o homem, deriva-se das pesquisas feitas na região dos Grandes Lagos, entre os EUA e o Canadá. No Lago Ontário foi observada a biomagnificação de PCB desde os fitoplânctons e zooplânctons até trutas e gaivotas. A concentração de PCB no sedimento do lago era o valor inicial. A partir dele, os pesquisadores observaram a concentração aumentar: fitoplânctons = 250x; zooplânctons = 500x; truta = 2.800.000x e gaivota = 25.000.000 (COLBORN et al, 2002).

Não poderíamos deixar de citar o exemplo das *dioxinas*, compostos químicos altamente tóxicos que durante muitos anos não eram conceituados como cancerígenos, mas que a partir de 1997 passaram a receber a classificação de *cancerígenos comprovados para humanos* pela IARC (especificamente um dos tipos de dioxina, a 2,3,7,8 TCDD). Após o grave acidente ocorrido em 1976 em Seveso, Itália, diversos estudos procuraram apurar o desenvolvimento de câncer nas vítimas expostas às dioxinas. Só após 10 anos é que os primeiros tipos de câncer foram observados (*Doença de Hodgkin*), e outros, apenas quinze anos depois, como *câncer cerebral, linfoma não Hodgkin e leucemia mieloide* (BERTAZZI et al, 2001).

Como muito bem observaram Tickner e Raffensperger (2002), “em razão do câncer, uma das manifestações resultantes da exposição à dioxina, levar anos para se manifestar, é quase impossível ligar a exposição à doença. A conexão de impactos, misturas de dioxinas com outros produtos químicos orgânicos persistentes são ainda relativamente desconhecidas”.

Seguindo-se tal linha de raciocínio, o que se observou historicamente é que, de início, a exposição a determinados produtos tóxicos sequer era cogitada, ou as sequelas eram consideradas leves, discretas. Posteriormente, com anos ou décadas de pesquisas, os resultados indicaram sequelas graves e irreversíveis e danos ambientais que não eram imaginados.

Tal condição é que torna o Princípio da Precaução como instrumento legal e jurídico a ser observado, segundo Cezar e Abrantes (2003), sob *quatro aspectos*: (a) ameaça de dano; (b) inversão do ônus da prova; (c) incerteza científica e (d) medidas de precaução. Como se observa, basta a *ameaça* de dano e não há necessidade de que este *dano* já tenha *comprovação científica* para que as *medidas de precaução* sejam tomadas.

Quanto à inversão do ônus da prova, tal diretriz deriva-se da Declaração de Wingspread, como observam os autores:

“Quando uma atividade gera ameaças de dano à saúde humana ou ao meio ambiente, medidas de precaução devem ser tomadas mesmo se algumas relações de causa e efeito não são completamente estabelecidas cientificamente. Neste contexto, o proponente de uma atividade, mais do que o público, deve ter o ônus da prova.”

Verifica-se, assim, que “a precaução objetiva prevenir já uma suspeita de perigo ou garantir uma suficiente margem de segurança da linha de perigo. Seu trabalho é anterior à manifestação do perigo e, assim, prevê uma política ambiental adequada a este princípio” (LEITE, 2000).

No Brasil, desde 1992, quando ocorreu a Rio 92 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), o Princípio da Precaução traz o conceito segundo o qual não se pode aceitar a exposição da população aos riscos existentes derivados do uso de tecnologias, recursos, processos de produção e produtos que possam vir a causar danos à saúde, mesmo que ainda não existam estudos que comprovem estes riscos.

## 8. OPÇÕES PARA A INCINERAÇÃO

Como alternativas para se evitar a incineração e a coincineração de resíduos já temos a separação de resíduos para a reciclagem e o reuso e a diminuição do volume de resíduos na fonte. Estas opções são obtidas a partir da educação de base de uma população.

Os órgãos públicos devem fazer a sua parte, oferecendo Programas de Educação Ambiental a população, nos quais sejam demonstradas as práticas de separação de resíduos, para coleta seletiva, a compostagem e a minimização na geração de resíduos.

Programas internacionais já objetivam o que se chama de *Zero Waste* ou “Lixo Zero”. No estado da Califórnia, EUA, o objetivo é chegar em 2040 sem que qualquer forma de lixo vá para a incineração ou para aterros. Tudo pode e deve ser reaproveitado, reciclado ou reutilizado pela população. É evidente que o programa prevê uma série de infraestruturas municipais para a recepção dos resíduos gerados, sua separação e encaminhamento para os diferentes tipos de reaproveitamento (PLATT, 2008, p. 43).

Dentre as vantagens para a saúde pública e para o clima do planeta, a autora menciona: redução do consumo de energia (as fábricas não precisam produzir tanto, quando materiais são reutilizados); redução das emissões de dióxido de

carbono e metano dos aterros e redução da emissão de dióxido de carbono e de óxidos nitrosos dos incineradores (PLATT, 2008, p. 44).

Quanto ao aspecto de geração de empregos, a reciclagem emprega bem mais do que a indústria de incineração. Uma planta de um incinerador pode ser controlada por poucos operários, mas as centrais de reciclagem empregam dezenas de pessoas num bairro, gerando renda e tirando as pessoas da rua e da criminalidade.

Levando-se em conta que a Usepa (Agência de Proteção Ambiental Americana) descobriu que 90% do material que segue para incineradores poderia ser reciclado, percebe-se o impacto econômico negativo da incineração para a sociedade (USEPA, 2006, apud CIPLET, 2009).

## 9. CONCLUSÃO

Diversos estudos comprovam que a incineração, mesmo aquela obtida por incineradores com tecnologia atual, ou com as “novas tecnologias” indicadas no item 6 deste artigo, não se constitui em uma opção aceitável de tratamento de resíduos sólidos, sejam municipais, sejam resíduos perigosos, incluindo aqueles derivados dos serviços de saúde.

O fato de alguns estudos conduzidos em áreas vizinhas a incineradores não terem obtido uma correlação direta entre a exposição humana as emissões derivadas dos incineradores e o aparecimento de doenças não é motivo para que a incineração seja considerada uma forma segura de tratamento de lixo. Primeiro pela existência de diversos estudos que comprovam tal relação; segundo, pela necessidade da aplicação do Princípio da Precaução, face aos estudos que não conseguem demonstrar que a população vizinha esteja desenvolvendo sintomas e doenças.

Pelo conceito do Princípio da Precaução, que vimos no item 7 do presente artigo, a ausência de absoluta certeza científica não pode ser usada para manter uma condição que ofereça riscos de saúde pública e saúde ocupacional. Como historicamente já se observou, doenças graves como o câncer podem levar décadas para serem detectáveis nos pacientes, a partir de exposições a agentes agressivos, mesmo que em doses pequenas, exatamente o que pode ocorrer no caso das emissões de incineradores, fornos de cimento usados para a queima de resíduos perigosos e aterros contendo cinzas provenientes de incineradores.

Ademais, os processos de incineração e coincineração emitem gases do efeito estufa. Diante de um quadro tão claro quanto às mudanças climáticas planetárias, ao crescente e rápido derretimento das calotas polares, ao aumento do nível dos oceanos, ao crescente aumento de temperatura, a postura esperada só

pode ser uma: a adoção de métodos de gestão de resíduos sólidos renováveis, limpos e sustentáveis, como a reciclagem, a compostagem e o reúso de produtos.

## 10. REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004 – Resíduos sólidos - classificação*. São Paulo, 2004.
- ASSUNÇÃO, João V. de; PESQUERO, Célia D. Dioxinas e furanos: origens e riscos. *Revista de Saúde Pública*. vol. 33. n. 5. p. 523-530. São Paulo: USP, 1999.
- BAIRD, Colin. *Química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BAUKAL JR., Charles E. *Industrial combustion pollution and control*. New York: Marcel Dekker Inc., 2004.
- BERTAZZI, Pier Alberto et al. Health effects of dioxin exposure: a 20-year mortality study. *Oxford Journals. American Journal of Epidemiology*. vol. 153. n. 11. p. 1031-1044. Oxford: Oxford University Press, jun. 2001.
- CEZAR, Frederico Gonçalves; ABRANTES, Paulo César Coelho. Princípio da precaução: considerações epistemológicas sobre o princípio e sua relação com o processo de análise de risco. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. vol. 20. n. 2. p. 225-262. Brasília: Ed. UnB, maio-ago. 2003.
- CIPLET, David. *An industry blowing smoke*. Berkeley: Global Alliance for Incinerator Alternatives – Gaia, 2009.
- COLBORN, Theo et al. *O futuro roubado*. Porto Alegre: L&PM, 2002.
- DEARDEN, J. C. Proof of evidence submitted on behalf of residents against incineration (RAIN) regarding proposals at Ince Marshes, Ellesmere Port. Cheshire, 2008. Disponível em: [http://ukwin.org.uk/knowledge-bank/incineration/health-issues-connected-with-incinerators/dioxins-and-other-harmful-incinerator-emissions/].
- FLORES, Araceli Verônica et al. Organoclorados – Problema de saúde pública. *Ambiente e sociedade*. vol. VII. n. 2. p. 111-125. Campinas: Unicamp, jul.-dez. 2004.
- FRANCHINI, Michela et al. Health effects of exposure to waste incinerator emissions: a review of epidemiological studies. *Ann Ist Super Sanità*. vol. 40. n. 1. p. 101-115. PubMed, Bethesda, MD, 2004.
- FREITAS GUIMARÃES, João Roberto Penna. Disruptores endócrinos no meio ambiente: um problema de saúde pública e ocupacional. *Revista de Estudos Ambientais*. vol. 7. n. 2. Blumenau: Universidade de Blumenau – Furb, jul.-dez. 2005.
- GOUVEIA, Nelson; DO PRADO, Rogério R. Análise espacial dos riscos à saúde associados à incineração de resíduos sólidos: avaliação preliminar. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. vol. 13. n. 1. p. 3-10. São Paulo: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, 2010.
- GREENACTION FOR HEALTH AND ENVIRONMENTAL JUSTICE; GLOBAL ALLIANCE FOR INCINERATOR ALTERNATIVES (Gaia). *Incinerators in disguise*. Berkeley, 2006.
- INTIMA, Danielle Polidório. *Avaliação do risco a exposição ocupacional a metais pesados em incineradores de resíduos de serviço de saúde*. Dissertação de Mestrado, São Paulo, USP – Instituto de Química, 2004.
- LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatriomonal*. São Paulo: Ed. RT, 2000.
- MACZULAK, Anne. *Waste treatment: reducing global waste*. New York: Facts On File Inc., 2010.
- MILANEZ, Bruno et al. A coincineração de resíduos em fornos de cimento: riscos para a saúde e o meio ambiente. *Ciência & Saúde Coletiva*. vol. 14. n. 6. p. 2143-2152. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, dez. 2009.
- NIESSEN, Walter R. *Combustion and incineration processes*. New York: Marcel Dekker Inc., 2002.
- PLATT, Brenda et al. *Stop trashing the climate*. Washington: Institute for Local Self-Reliance, 2008.
- THOMPSON, Jeremy; ANTHONY, Honor. The health effects of waste incinerators. 4<sup>th</sup> *Report of the British Society for Ecological Medicine*. 2. ed. London: Editora, jun. 2008.
- TICKNER, Joel; RAFFENSPERGER, Carolyn. *The precautionary principle in action: a handbook*. Windsor: Science and Environmental Health Network, 2002.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2006). *Municipal Solid Waste Generation, Recycling and Disposal in the United States: Facts and Figures 2007*. Table 3 Materials Discarded in the Municipal Waste Stream 1960 to 2007. p. 46. Disponível em: [www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/pubs/msw07-rpt.pdf].
- VIEL, Jean-François et al. Risk for non Hodgkin's lymphoma in the vicinity of French municipal solid waste incinerators. *Environmental Health*. vol. 7. p. 51-59. PubMed, Bethesda, MD, 2008.
- \_\_\_\_\_ et al. Soft tissue sarcoma and Non Hodgkin's lymphoma clusters around a municipal solid waste incinerator with high dioxin emission levels. *American Journal of Epidemiology*. vol. 152. p. 13-19. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Population health and waste management: scientific data and policy options*. Rome, 2007.
- ZAMBON, Paola et al. Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy). *Environmental Health*. vol. 16. p. 6-19. PubMed, Bethesda, MD, 2007.
- ZIGLIO, Luciana; COMEGNA, Maria Angela. Segurança química no Brasil: as Convenções de Roterdã e Estocolmo. *Estudos Geográficos*. vol. 2. n. 2. p. 47-55. Rio Claro: Unesp, jul.-dez. 2004.

**Veja também Jurisprudência**

- Ação civil pública contra submissão de animais a meios cruéis – *RT 874/307*;
- Ação direta de inconstitucionalidade contra lei estadual que autoriza sacrifício de animais em rituais religiosos – *RDA 45/318*;
- Mandado de segurança visando à proteção da "rinha de galo" como modalidade desportiva – *RT 900/345*;
- Recurso Especial visando à autorização do Centro de zoonoses para sacrifício de cães e gatos apreendidos – *RDA 56/361*; e
- Recurso extraordinário em ação que visa à proibição da "farra do boi" com base na alegação de que se trata de manifestação cultural – *RDA 18/315*.

**Veja também Legislação**

- Lei dos Crimes Ambientais: Lei 9.605/1988.

# Administrativo- Ambiental