



## IMPACTO DA NORMALIZAÇÃO DO CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE CLÍNQUER

### IMPACT OF HAZARDOUS INDUSTRIAL WASTE CO-INCINERATION IN CLINKER KILNS REGULATIONS

Geól. **Yushiro Kihara**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND  
Av. Torres de Oliveira, 76 - Jaguaré - 05347-902 São Paulo / SP  
Tel.: (011) 3760-5331 - e-mail: [yushiro.kihara@abcp.org.br](mailto:yushiro.kihara@abcp.org.br)  
e INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA USP  
e-mail: [yushiro@usp.br](mailto:yushiro@usp.br)

#### RESUMO

A geração e a disposição de grandes volumes de resíduos industriais perigosos nos grandes centros industriais constitui o foco de atenção e preocupação dos órgãos ambientais, ambientalistas e da comunidade, em geral.

A normalização do co-processamento gera uma série de impactos positivos ao Meio Ambiente e à cadeia produtiva envolvida como a redução dos níveis de emissão, valorização do resíduo, redução do consumo de bens não renováveis e melhoria na relação com os órgãos ambientais.

A agilização dos processos de licenciamento pela desburocratização do sistema, a ampliação da certificação ISO 14.000 e a parceria da indústria de cimento com os órgãos ambientais para a procura de solução de gestão de resíduos constituem fatores essenciais para o sucesso do co-processamento.

O impacto positivo da normalização do co-processamento é de promover o forno de clínquer como instrumento alternativo da política de gestão ambiental de resíduos perigosos de grande volume.

#### ABSTRACT

Nowadays the increase in hazardous waste generation contributes to environmental pollution and causes a big disposal problem in industrial cities. It represents the main focus in the search for waste management solutions and is the concern of environmental agencies, environmentalists and community.

Co-incineration produces a positive environmental impacts, promoting pollution reduction, wastes valorization and nonrenewable raw materials conservation.

Advances in the environmental licences haste, improvement of ISO certifications in cement plants and cooperation with environmental agencies are the key of co-incineration success.

The co-incineration regulations promote the cement kilns as an environmental management alternative tool for the hazardous wastes disposal problems.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de cimento já foi caracterizada exclusivamente como uma indústria geradora de poluição pelo impacto ambiental de sua atividade industrial: muitas localizam-se em áreas de preservação ambiental (Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Pantanal e sítios arqueológicos), desenvolvem exploração mineral e atividade industrial, envolvendo a emissão de ruídos, particulados e gases. Entretanto, a imagem que a indústria de cimento do século XXI projeta é a de uma indústria moderna, automatizada e engajada no desenvolvimento sustentável, comprometida na preservação ambiental de suas reservas minerais e de sua área de entorno.

Um novo papel da indústria de cimento como agente de gestão de resíduos poluidores vem se delineando neste final de século. Do consagrado uso de escórias siderúrgicas e cinzas de termelétricas, resíduos industriais utilizados na fabricação de cimentos com adições <sup>(1)</sup>, hoje tem-se o co-processamento de resíduos em fornos de cimento que constitui uma atividade de queima e destruição de resíduos, utilizando-os como combustíveis alternativos ou substitutos de matéria-primas, combinada à fabricação de clínquer portland <sup>(2, 3, 4, 5)</sup>. A figura 1 mostra como um resíduo pode ser aproveitado numa fábrica de cimento para a produção de clínquer e/ou fabricação de cimento portland com adição.

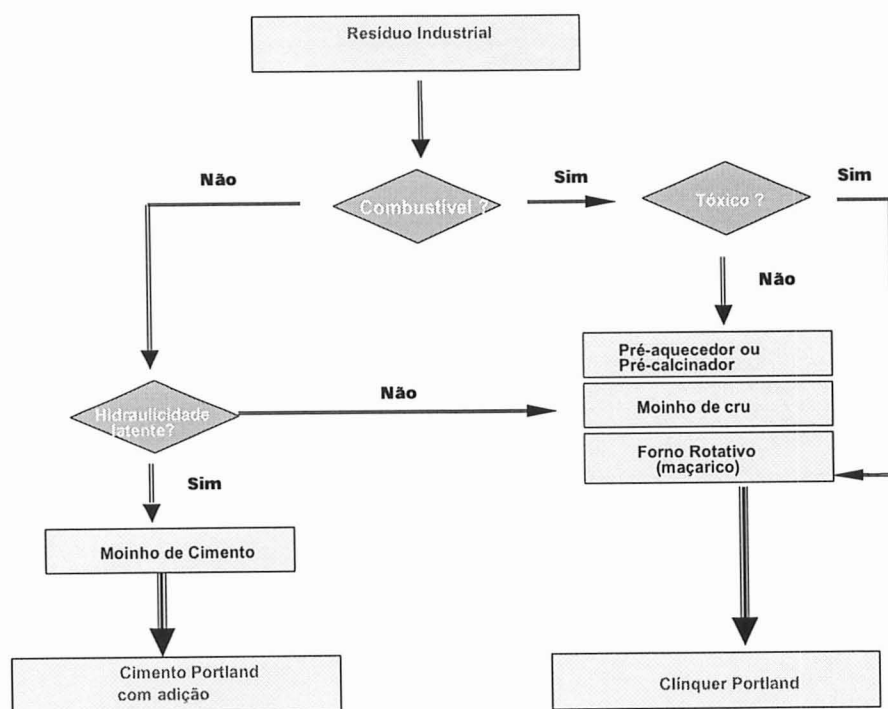


Figura 1: Fluxograma de Utilização de Resíduo numa Fábrica de Cimento

A geração e a disposição de grandes volumes de resíduos industriais perigosos nos grandes centros industriais constitui o grande foco de atenção e preocupação dos órgãos ambientais e ambientalistas <sup>(6)</sup>. Só no Estado de São Paulo, estima-se que são gerados 535.000 t/ano de resíduos perigosos da classe I, sendo 53% tratados e 31% estocados, e

aproximadamente 25 milhões t/ano de resíduos da classe II, grande parte (63%) disponibilizados na Natureza, sem uma gestão ambiental adequada.

A atividade de co-processamento como alternativa ambiental para o gerenciamento de alto volume de resíduos gerados pelas indústrias e centros urbanos só terá impacto positivo quando o País contar com uma legislação que regulamente a atividade de co-processamento de resíduos em fornos de cimento em uma operação segura, eficiente e eficaz, preservando a saúde humana e sem prejudicar a qualidade do produto. O impacto do processo de normalização do co-processamento constitui o tema deste trabalho.

## 2. HISTÓRICO DO CO-PROCESSAMENTO

A atividade de co-processamento na indústria de cimento constitui uma das alternativas mais eficientes e econômicas de destruir e valorizar resíduos em grande volume. Esta atividade vem aumentando nos países desenvolvidos pelas vantagens que propicia às cimenteiras e pelos benefícios que oferece à proteção do meio ambiente.

As primeiras experiências foram realizadas com sucesso na década de 70, em fornos de via úmida, no Canadá, na fábrica de cimento *Saint Lawrence*, com o objetivo de estudar a eficiência de destruição de resíduos clorados (1974 a 1976).

Na Europa, os primeiros testes foram realizados na França, na *Ciment Français (Dèsvres)* em 1978. No mesmo ano, registram-se experimentos também com resíduos clorados na Suécia, na fábrica *Stora-Vika*. Somente a *Scori*, a maior co-processadora da Europa, tem capacidade de co-incinerar 600.000 t/ano de resíduos em 26 fornos de cimento. Estima-se que na União Européia tenham sido co-processados mais de 400.000t de pneus e 600.000t de resíduos líquidos como combustíveis alternativos, em 1997 <sup>(7)</sup>.

Em 1979, o Grupo Lafarge iniciou atividades de co-processamento nos Estados Unidos, na fábrica de Paulding/ Ohio de onde se originou a *Systech Environmental Corporation*, que atua na Lafarge Corp, *Medusa Cement* e *Lone Star Cement*. Além da *Systech*, atuam a *Cadence* nas fábricas da *Ash Grove Cement* e *Southdown*, a *Safety-Kleen* nas fábricas de *Holnam Cement*, *River Cement* e *Medusa Cement* e a *Giant* nas fábricas da *Giant Cement* e *Keystone Cement* <sup>(2)</sup>. Em 1995, registram-se 45 fornos de cimento em 24 fábricas co-processando aproximadamente 1.000.000 t /ano de resíduos nos Estados Unidos <sup>(2)</sup>.

No Brasil as atividades de co-processamento de resíduos industriais iniciaram-se na década de 90, no estado de São Paulo, estendendo-se posteriormente para o Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais <sup>(8, 9, 10)</sup>. Entretanto, a experiência nacional da indústria de cimento no uso de combustíveis alternativos é antiga e pioneira, registrando-se na década de 70 o uso de casca de palha de arroz, em Goiás e Rio Grande do Sul, casca de coco de babaçu, na região Nordeste, pneus na Bahia, moinha de carvão vegetal da indústria siderúrgica em Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, carvão com alto teor de cinzas >30% no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo <sup>(5)</sup>. Atualmente existem ainda somente de oito fábricas licenciadas para co-processamento de resíduos industriais, sendo duas no Paraná, uma em São Paulo, duas

no Rio de Janeiro e três em Minas Gerais, muito aquém da dimensão da indústria (6º maior produtor mundial), que conta com 79 fornos em operação <sup>(11)</sup>. As principais empresas de co-processamento (San.Amb/95, Ver. .ªIn/98) atuando junto às indústrias de cimento são a *Resicontrol*, a *Tecnosol*, a *Ambiental*, a *Ambiência*, *CSD-Geoclock*, *CRB* e a *Transforma*. Estima-se que no período de 1991 a 1998, tenham sido co-processados em fornos de cimento cerca de 300.000 t de resíduos, muito aquém dos países desenvolvidos e da necessidade do País.

A aplicação mais ampla do forno de cimento como gestor ambiental de resíduos é limitada pela falta de legislação ambiental específica ao co-processamento e a inadequação de algumas instalações existentes. O avanço tecnológico no setor não tem sido acompanhado pelas empresas que atuam e nem pelos órgãos ambientais envolvidos.

### 3. NORMALIZAÇÃO DO CO-PROCESSAMENTO

A falta de experiência do setor e a limitação de equipamentos de controle ambiental nas indústrias de cimento, somado ao amadorismo no trato de questões ambientais são fatores que atuaram fortemente na resistência dos órgãos ambientais à implantação do co-processamento no Brasil. Em 1995, os órgãos ambientais de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul se organizaram na elaboração de uma norma nacional visando estabelecer procedimentos para a prática do co-processamento, com base nas normas da *Environmental Protection Agency-EPA* e da Comunidade Européia. A dificuldade de consenso técnico e problemas operacionais paralisaram as atividades do grupo.

O processo de normalização só tomou um forte impulso a partir de 1996, com os trabalhos de normalização de co-processamento, em âmbito regional, promovidos pelos órgãos ambientais de São Paulo e Minas Gerais. Estes trabalhos contaram pela primeira vez com a colaboração da indústria e culminaram com a aprovação de normas estaduais da CETESB-Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental <sup>(12, 13)</sup> e da FEAM-Fundação Estadual de Meio Ambiente, em 1998.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) com o objetivo de dotar o país com uma norma nacional, instalou o Grupo de Trabalho GT Co-Processamento, sob a coordenação do Centro de Recursos Ambientais-CRA/BA, em 20/08/98. Foram convidadas 58 instituições, compreendendo os Ministérios do Meio Ambiente, da Saúde, da Indústria e Comércio, órgãos estaduais de Meio Ambiente, universidades e instituições de pesquisa, empresas de meio ambiente, co-processadoras, geradores e indústria de cimento. As reuniões foram realizadas em diferentes Estados com depoimentos e palestras de especialistas da indústria, dos órgãos ambientais e das universidades <sup>(14)</sup>. Após sete reuniões foi estabelecida uma proposta de Norma Técnica de Co-processamento de Resíduos em Fornos de Clínquer Portland, fundamentada nas normas e procedimentos nacionais e internacionais, aprovado pelo CONAMA, em agosto de 1999.

A norma CONAMA <sup>(15)</sup> conceitua o co-processamento como a técnica de aproveitamento de resíduos sólidos industriais como substituto parcial de matéria-prima e/ou combustível no sistema forno de produção de clínquer, na fabricação de cimento. Limita o



licenciamento da atividade de co-processamento aos resíduos domiciliares brutos, serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins. Somente as fábricas de cimento instaladas, licenciadas e ambientalmente regularizadas serão autorizadas à prática do co-processamento.

A garantia de manutenção da qualidade ambiental, proteção contra riscos à saúde e atendimento aos padrões de emissão fixados, bem como a garantia da qualidade ambiental do cimento resultante do co-processamento constituem premissas que fundamentam a norma. Os limites de emissão estabelecidos pela Norma CONAMA são apresentados na Tabela 1.

A flexibilização da Norma é salientada na premissa de se atender às peculiaridades regionais e locais, podem ser estabelecidos critérios técnicos complementares, como definição do poder calorífico mínimo, taxa de incremento de emissões, limite de  $\text{No}_x$  e  $\text{So}_x$ , controle de metais na alimentação do resíduo e outros, a critério do órgão ambiental competente.

Tabela 1- Limites de emissão da norma de co-processamento CONAMA <sup>(15)</sup>

Poluente	Limites Máximos de Emissão
HCl	1,8 kg/h ou 99% de redução
HF	5 mg/Nm <sup>3</sup> , corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
CO*	100 ppmv, corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
MP	70 mg/Nm <sup>3</sup> , corrigido a 11% de O <sub>2</sub> (base seca)
THC (expresso como propano)	20 ppmv, corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Mercúrio (Hg)	0,05 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Chumbo (Pb)	0,35 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Cádmio (Ca)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
Tálio (TI)	0,10 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
(As+Be+Co+Ni+Se+Te)	1,4 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)
(As+Be+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+Sb+Se+Sn+Te+Zn)	7,0 mg/Nm <sup>3</sup> corrigido a 7% de O <sub>2</sub> (base seca)

Os limites estabelecidos resultaram numa norma atual e moderna com o mesmo padrão observado nas normas internacionais, sendo em alguns casos mais restritivos que a Diretriz Européia, como na emissão de HCl, Mercúrio, Cádmio e Thálio.

#### 4. IMPACTO DA NORMALIZAÇÃO DO CO-PROCESSAMENTO

A normalização do co-processamento gera uma série de impactos e tendências, que em função dos cenários futuros podem determinar sucesso ou fracasso do processo, conforme a atuação dos diferentes segmentos envolvidos.

Dentre os principais impactos advindos da normalização, têm-se:

- disponibilização no mercado de uma nova alternativa de gerenciamento de grandes volumes de resíduos, propiciando ganhos à indústria e à sociedade;
- valorização e aumento no volume de resíduos co-processados, permitindo a substituição de combustíveis primários, numa fase inicial, em até 30%;
- redução do nível de emissão na indústria de cimento e necessidade de maiores investimentos em equipamentos de controle e monitoramento ambiental;
- melhoria na relação com os órgãos ambientais pela atuação conjunta no processo de normalização, controle e divulgação, como tem sido observado nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul; e
- maior atuação na melhoria da imagem da indústria junto à comunidade.

A implantação gradativa do co-processamento, em um cenário favorável, leva às seguintes tendências:

1. Maior rigor na fixação dos limites de emissão de particulados, gases e metais. Os limites serão cada vez mais restritivos e tenderão a acompanhar os limites internacionais: os particulados tenderão a limites menores que  $50\text{mg/Nm}^3$ , a lista de metais controlados será aumentada e os limites serão menores, como por exemplo, para os metais voláteis (Cd, Hg e Tl) próximos a  $0,05\text{mg/Nm}^3$  e para os outros metais (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Te, Se, V, Sn), próximos de  $0,5\text{ mg/Nm}^3$ .
2. Fixação de limites de dioxinas e furanos para valores entre 0,1 a  $0,2\text{ ng/Nm}^3$ . A questão dos organoclorados tem ocupado espaço na mídia e suscitado debates no meio técnico quanto à questão da formação de dioxinas e furanos em fornos industriais (cimento, siderurgia). O assunto é polêmico e existem muitas controvérsias sobre o método e precisão do equipamento de análise, e o critério a ser estabelecido para a definição do limite. Entretanto, dada a gravidade e interesse do tema, este assunto está sendo estudado dentro do âmbito da indústria, para subsidiar a fixação de limites na futura revisão da norma.
3. Reavaliação do limite de poder calorífico de  $2.800\text{ kcal/kg}$  ( $11.620\text{ kJ/kg}$ ), adotada da norma EPA, para valores mais baixos, desde que seja comprovado ganho energético. O Grupo de Queima de Resíduos da Câmara Ambiental de Produtos Não Metálicos/CETESB está estudando a possibilidade de realizar testes de mini-queima em fornos de clínquer para obter subsídios para a modificação do valor do poder calorífico do resíduo como combustível alternativo.
4. Ganho de competitividade de cimenteiras no aproveitamento de resíduos perigosos pela sua valorização como combustível alternativo ou substituto de matéria prima.
5. Aumento do número de fábricas licenciadas, próximas às áreas industriais, pela disponibilidade de resíduos. Estima-se que em um médio prazo, a grande maioria das fábricas da região Sul e Sudeste do país estejam envolvidas na atividade de co-



processamento. Na região Nordeste, somente aquelas próximas a polos e regiões industriais estarão envolvidas com o co-processamento. Preve-se que em condições favoráveis, até 30% das fábricas nacionais estarão envolvidas com a atividade de co-processamento, nos próximos 10 anos, co-incinerando entre 500.000 e 600.000 t/ano<sup>(4)</sup>.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos industriais constituem um dos principais problemas ambientais a serem enfrentados pelo País. Os métodos disponíveis não são adequados para tratar de maneira adequada e segura grandes volumes de resíduos, sem criar problemas de impactos ambientais.

O co-processamento de resíduos perigosos em fornos de clínquer não traz à sociedade uma solução definitiva para a gestão de todos os tipos de resíduos gerados, mas uma contribuição para o aproveitamento de resíduos, possíveis de serem usados como combustível alternativo ou substituto de matéria-prima, atenuando o impacto da exploração de bens minerais e combustíveis não renováveis. Este papel a ser representado pela indústria de cimento é uma das alternativas mais atraentes da política de gestão ambiental de resíduos perigosos. Em um cenário favorável, a grande contribuição da normalização do co-processamento é a viabilização deste processo de maneira segura e ambientalmente adequada, onde ganha o Meio Ambiente e a Indústria, sem perda de sua competitividade, em um setor globalizado.

Em um cenário desfavorável, as atividades de co-processamento na indústria de cimento terão um retrocesso significativo, decorrente da deficiência de fiscalização da disposição de resíduos gerados e das dificuldades legais e administrativas de implantar o processo em escala técnico-comercial. A agilização dos processos de licenciamento pela desburocratização do sistema, a ampliação da certificação ISO 14.000 nas empresas e a parceria da indústria de cimento com os órgãos ambientais para a procura de solução de gestão de resíduos constituem fatores essenciais que propiciarão ganho de competitividade e evitarão um cenário desfavorável ao co-processamento de resíduos em fornos de clínquer no Brasil.

O impacto positivo da normalização do co-processamento é de promover o forno de clínquer como instrumento alternativo da política de gestão ambiental de resíduos perigosos de grande volume.

## BIBLIOGRAFIA

1. YAMAMOTO, J.K., KIHARA, Y., COIMBRA, A.M., MONTANHEIRO, T.J. – 1997 – Environmental impact reduction on the production of blended Portland cement in Brazil. *Environmental Geosciences*, 4(4):192-206.
2. MOORE, T.E. 1995 – Co-processamento de insumos alternativos. In: *Ciclo de Conferências: Indústria de cimento, Fabricação, Co-processamento e Meio Ambiente*. FEEMA, Rio de Janeiro, 127-151, Anais.



3. ACHOA, G.L. – 1996 – Resíduos. Co-processamento em fornos de cimento. Saneamento Ambiental, 42:18-21.
4. MARQUES, M. -1999 - Co-processamento em fornos de cimento. Revista Gerenciamento Ambiental, 6:10-15.
5. KIHARA, Y. 1999 – Co-processamento de Resíduos em Fornos de Cimento: Tendências. In: II Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON, São Paulo, p.35-43, Anais.
6. GOGUEIRA, C. E ALVES, F. – 1996 –Resíduos Sólidos Industriais. Qual é a melhor solução?. Saneamento Ambiental, 40:13-21.
7. OFICEMEN 1998 – Combustibles Alternativos en la Fabricacion del Cemento, Madrid, 26 p.
8. CAVALCANTI, J.E.W. A – 1996 – Situação da Indústria de Co-processamento no Brasil. Saneamento Ambiental, 39:22-23.
9. SANEAMENTO AMBIENTAL – 1995 – Co-processamento. Cresce o número de empresas que se dedicam à atividade. Saneamento Ambiental, 33:36-39.
10. REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL – 1998 – Co-processamento de resíduos em fornos de produção de clínquer: mais uma alternativa para o Meio Ambiente. Revista Meio Ambiente Industrial, 2(11):62-72.
11. INTERNATIONAL CEMENT REVIEW – 1998 – Building Brazil – International Cement Review, 5:52-58.
12. CETESB 1998 – Procedimento para Utilização de Resíduos em Fornos de Produção de Clínquer. Documento Câmaras Ambientais. Secretaria de Meio Ambiente/Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 73 p.
13. ALVES, F. e FREITAS, E. – 1988 – Co-processamento. Com liberação a atividade deve crescer em São Paulo. Saneamento Ambiental, 54:26-27.
14. SOUZA, M.L.C. 1998 – Co-processamento, A Normalização Ambiental no Brasil. In: Workshop Internacional: Tendências e Experiências do Co-processamento de Resíduos em Fornos de Produção de Clínquer. ABCP, São Paulo, p.38-40, Anais.
15. CONAMA – 1999 – Norma Técnica NT-001/99 Co-processamento de resíduos em fornos de clínquer – Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.