

## ESTIMATIVA DA DISPERSÃO DE POLUENTES EMITIDOS NA ATIVIDADE DE CO-PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

**Márcio Dimas Ramos**

**Rogério José da Silva**

Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Departamento de Engenharia Mecânica  
37500-000 – Itajubá, MG, Brasil

***Resumo.** Propõe-se neste trabalho apresentar os resultados de estudos de dispersão de poluentes na atmosfera, oriundos da atividade de co-processamento de resíduos industriais em fornos rotativos de fábricas de cimento. Os níveis de emissões de poluentes perigosos nestes fornos devem ser baixos, devido às altas eficiências de destruição alcançadas nesta atividade, bem como pelo controle efetivo das taxas de alimentação dos resíduos, cru e combustíveis. As exigências da legislação ambiental, com relação às baixas concentrações de metais pesados e produtos de combustão incompleta no ar, tornam o estudo de dispersão de grande valia na estimativa preliminar dos problemas ambientais de contaminação por esses produtos. Este trabalho apresenta resultados baseados na teoria estatística Gaussiana, considerando-se as diferentes maneiras de se obter alguns parâmetros, tais como, coeficientes de dispersão horizontal e vertical, altura efetiva da pluma, e ainda, levando-se em consideração a direção do vento e a topologia na região onde exista uma fonte emissora de poluentes.*

***Palavras-chave:** Poluição atmosférica, Poluentes, Dispersão Gaussiana, Co-processamento, Concentração de poluentes.*

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a crescente preocupação das pessoas com a sua saúde, sua alimentação e até os tipos de atividades prejudiciais ao seu bem estar, têm mudado o modo de pensar, formando uma geração mais preocupada com a sua saúde e com um conjunto de fatores que a afetam.

A partir daí, houve uma maior preocupação com o ecossistema que nos cerca e com os modos de utilizá-lo sem causar danos ao mesmo, o que posteriormente se reverteria sobre os próprios seres humanos e sua saúde. Assim, hoje, as pessoas se preocupam com a camada de ozônio, com o efeito estufa e com a poluição em geral, quaisquer que sejam as suas fontes.

São muitos os poluentes que resultam de operações e processos industriais. O organismo humano, os animais e os vegetais podem vir a ser gravemente afetados, caso a concentração desses poluentes no ar venha a ultrapassar certos limites de tolerância.

Na prática, não existe pretensão de se alcançar uma purificação total do ar, mas atingir um grau tal que não ofereça riscos à saúde humana e ao meio ambiente, nem a médio e nem a longo prazo.

Uma das maneiras de se fazer uma disposição final de resíduos industriais é o co-processamento dos mesmos em fornos rotativos da indústria cimenteira. Portanto, procura-se analisar neste trabalho o processo de geração de poluentes na produção de clínquer em fornos rotativos de fábricas de cimento Portland, quando da utilização de resíduos industriais como combustíveis secundários, em substituição parcial aos combustíveis fósseis tradicionais. Tal atividade, conhecida como co-processamento, permite a destruição térmica dos resíduos industriais, bem como o aproveitamento de seu poder calorífico no processo e de seus constituintes como matéria-prima. A estimativa das concentrações finais dos poluentes emitidos, através de modelos de dispersão atmosférica, permite conhecer os limites máximos possíveis, dentro de parâmetros considerados seguros para a atividade de co-processamento.

## 2. FORMAÇÃO DE POLUENTES

A estimativa da quantidade de poluentes gerados num processo industrial de produção de clínquer apresenta, a princípio, uma grande dificuldade. Isto se dá devido ao fato de que, neste processo, ocorrem reações bastante complexas entre os gases e os sólidos, que podem contribuir tanto para o aumento quanto para a diminuição da taxa de geração de poluentes.

Assim, baseado em dados reais de instalações de fabricação de cimento, onde existe a queima de óleo combustível 7A, e na composição de uma mistura de carvão mineral, coque de petróleo e de resíduos (blend), que poderia vir a ser utilizada em substituição a este combustível, procurou-se analisar a formação de poluentes no processo de queima. Desta forma, são apresentados alguns cálculos que exemplificam a estimativa da formação de poluentes em um forno rotativo da fábrica de cimento. Além disso, os valores estimados para a geração de poluentes serão utilizados posteriormente, para se obter as concentrações dos mesmos no ar, com base em modelos de dispersão atmosférica.

Baseado em dados construtivos e operacionais de 3 (três) fornos rotativos, cujos dados característicos principais são apresentados na Tabela 1, procurou-se estimar a concentração de poluentes caso apenas fosse utilizado um combustível tradicional, ou um blend de solventes. Dos 3 fornos, sabe-se que os Fornos I e II são fornos de via seca com preaquecedor e o Forno III é um forno de via seca com precalcinador. Na Tabela 2 são identificadas as características de consumo de calor destes fornos.

Tabela 1. Características dos Fornos Rotativos de Produção de Clínquer

Forno	Altura da Chaminé (m)	Diâmetro da Chaminé (m)	Temperatura de Saída dos Gases (°C)	Produção de Clínquer (ton/d)
I	60	2,31	108	≈1600
II	60	2,70	90	≈1520
III	50	2,63	90	≈2650

Fonte: Ramos (1997).

Tabela 2. Características de Consumo específico de Calor nos Processos de Produção de Clínquer.

Tipo de Processo	Consumo Específico de Calor [kJ/kg de clínquer]
Via Seca com Preaquecedor	3350 – 3600
Via Seca com Precalcinador	3050 – 3140

Fonte: Duda (1977), Corraleno (1982) e Cardoso e Direitinho (1992).

A composição do cru a ser utilizado na fabricação do clínquer influencia na geração de gases poluentes e na sua diluição no volume total de gases, em face da liberação de  $\text{CO}_2$ , a partir da calcinação do Carbonato de Cálcio –  $\text{CaCO}_3$  e da descarbonetação do  $\text{MgCO}_3$ . Na Tabela 3 é apresentada uma composição média e a composição média corrigida por kg de cru, cujo conhecimento é necessário para cálculos de formação de poluentes em fornos rotativos de fábricas de cimento.

Sabendo-se que o  $\text{CaO}$  e o  $\text{MgO}$  são obtidos segundo as reações,  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ ,  $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$ , é necessário corrigir a composição média da farinha levando em consideração a fração molar de cada elemento em sua reação.

Tabela 3. Composição Média e Composição Média Corrigida do Cru (% em peso).

Componentes	Composição Média do Cru %	Composição Média Corrigida do Cru %
$\text{SiO}_2$	13,86	13,86
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3,65	3,65
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,04	2,04
$\text{CaO}$	40,55	72,41
$\text{MgO}$	2,32	4,87
$\text{K}_2\text{O}$	0,79	0,79
$\text{Na}_2\text{O}$	0,06	0,06
$\text{SO}_3$	0,11	0,11
Perda ao Fogo	34,41	----
Total	63,38	97,79

A relação entre a composição da farinha necessária e o clínquer produzido é de 1,543, ou seja, para cada quilo de clínquer fabricado necessitamos de 1,543 de farinha (cru), gerando, assim, 0,543 kg de  $\text{CO}_2$  por quilo de clínquer produzido na calcinação e na descarbonetação.

Na Tabela 4 são apresentadas as características do Óleo 7A, carvão mineral, coque de petróleo e na Tabela 5 são apresentadas as características do blend de resíduos.

Tabela 4. Composição Química dos Combustíveis e seu Poder Calorífico.

Elemento	Óleo 7A % em peso	Carvão % em peso	Coque % em peso
Carbono (C)	86,0	74,6	95%
Hidrogênio (H)	10,3	4,3	1%
Enxofre (S)	3,7	1,5	2,5%
O	----	3,6%	----
N	----	1,4%	----
$\text{H}_2\text{O}$	----	0,7%	----
Cinzas	----	13,9%	1,5%

Obs.: A porcentagem de constituintes voláteis é da ordem de 20,2% no carvão mineral.

Fonte: Silva (1994)

Tabela 5. Características do Blend de Resíduo

Resíduos	
Elemento	% em peso
Cloro	3,48
Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	32,6
Tolueno (C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> )	8,9
Xileno (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	9,9
Dicloroetano (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> )	2,1
Tetracloro de Carbono (CCl <sub>4</sub> )	0,8
O. diclorobenzeno (C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> )	2,6
Água (H <sub>2</sub> O)	0,83
Cinzas	6,32
Outros elementos combustíveis	35,95

Fonte: Ottoboni et al. (1996).

Com base nos dados apresentados anteriormente, pode-se montar a equação de reação estequiométrica da queima destes combustíveis, para os três fornos, e ainda, montar a equação de reação com 2% de O<sub>2</sub> livre, obtendo-se as vazões (condições operacionais e CNTP) de gases na saída das chaminés dos fornos e, conseqüentemente, a velocidade de saída dos gases das mesmas, considerando a queima de óleo combustível 7A, carvão mineral, coque de petróleo e um blend de solventes. Estas vazões e velocidades dos gases na saída das chaminés dos três fornos, são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Vazões (condições operacionais e CNTP) e Velocidades dos Gases na Saída das Chaminés dos Fornos I, II e III, para reações Estequiométricas e com 2% de O<sub>2</sub> Livre, para Óleo 7A, Carvão Mineral, Coque e um Blend de Solventes.

	Fornos	Óleo 7A			Carvão Mineral, Coque e Blend de Solventes		
		I	II	III	I	II	III
Vazão (condições operacionais) [m <sup>3</sup> /s]	Estequiométrico	30,980	28,114	44,704	32,231	29,248	46,454
	2% de O <sub>2</sub> Livre	33,982	30,834	49,041	35,494	32,209	51,162
Vazão CNTP [Nm <sup>3</sup> /s]	Estequiométrico	24,231	23,079	36,699	25,209	24,011	38,136
	2% de O <sub>2</sub> Livre	26,579	25,313	40,259	27,761	26,442	42,001
Velocidade de saída dos gases [m/s]	Estequiométrico	7,392	4,910	8,228	7,691	5,108	8,550
	2% de O <sub>2</sub> Livre	8,108	5,385	9,027	8,469	5,625	9,417

### 3. DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

#### 3.1 Teoria Estatística Gaussiana

No sistema de coordenadas, que é utilizado para fazer os cálculos com modelos de dispersão Gaussiana, assume-se que a direção  $x$  é a direção de deslocamento da pluma estendida horizontalmente na direção do vento. O eixo  $y$  é, no plano horizontal, perpendicular ao eixo  $x$ , e o eixo  $z$  estende-se verticalmente. O deslocamento da pluma ao longo do eixo  $x$  ou paralelo a ele é ilustrado na Fig. 1. Além disso, juntamente com a forma da pluma, a

Fig. 1 mostra como a distribuição Gaussiana é aplicada dentro de uma pluma segundo Sax (1974).

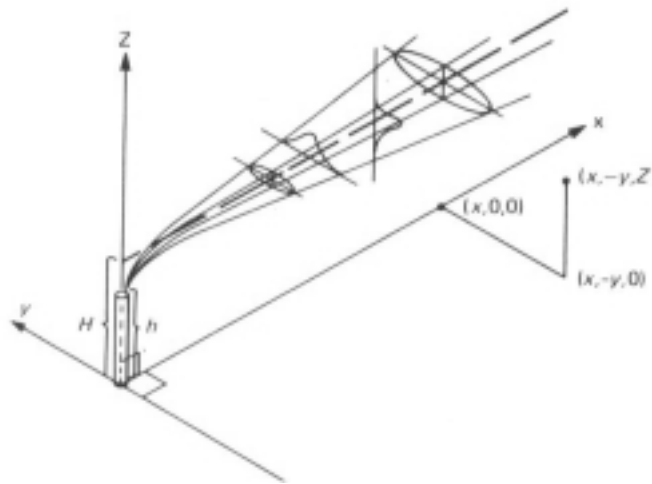


Figura 1 - Sistema de Coordenadas e Geometria Básica da Equação da Pluma Gaussiana

A Eq. (1) que rege a teoria estatística é apresentada a seguir:

$$C(x, y, z; H) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u} \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

Na Eq. (1),  $C$  ( $g/m^3$ ) é a concentração em alguma coordenada  $x, y$  e  $z$  (m) para uma dada emissão  $Q$  ( $g/s$ ), cuja saída se dá a uma altura  $H$  (m), a qual representa a altura efetiva de elevação da pluma tomada como a soma da altura física da chaminé emissora  $h$  (m) com altura de elevação da pluma após a saída da chaminé  $\Delta H$  (m) e  $u$  (m/s) é a velocidade do vento que afeta a pluma. A pluma espalhada tem uma distribuição Gaussiana em ambos os planos horizontal e vertical, com desvio padrão de distribuição de concentração da pluma na horizontal e na vertical de  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$  (m), respectivamente.

Com a Eq. (2) obteve-se o valor de  $\Delta H$ , cujos coeficientes foram reportados por Briggs apud Ramos et al. (1996a); e com as Eq. (3) e Eq. (4) obteve-se os valores de  $\sigma_y$  e  $\sigma_z$ , cujos coeficientes são apresentados em Ramos et al. (1996).

$$\Delta H = \frac{E \cdot x^b}{u^a} \quad (2)$$

$$\sigma_y = 465,11628 \cdot X \cdot \tan(\theta) \quad (3)$$

$$\sigma_z = a \cdot X^b \quad (4)$$

#### 4. RESULTADOS

Para se fazer uma análise de dispersão, foram consideradas duas direções de velocidade do vento para se estimar a dispersão, ou seja, sendo uma fábrica de cimento instalada em uma

determinada região próxima a duas cidades, hora a direção do vento fica no sentido de uma cidade e hora fica no sentido da outra cidade. Portanto, pode-se estimar os riscos para estas cidades quando do co-processamento de resíduos.

Considerando-se a topologia de uma dada região, juntamente com os dados levantados no item 2, foram estimadas dispersões para o arsênio segundo duas topologias distintas. Estes cálculos de dispersão consideraram que as chaminés emissoras estão a uma altitude de 760m, e os valores de altitude considerados nas Direções 1 e 2 são apresentados nos gráficos das Fig. 2 e 3. A topologia está incluída nos cálculos de dispersão, sendo que a mesma é a coordenada z do ponto onde se deseja estimar a concentração.

As taxas de alimentação horária de 4 (quatro) metais pesados, baseada na composição química do cru, do combustível e do resíduo, são apresentados na Tabela 7, considerados pela sua toxicidade e/ou volatilidade.

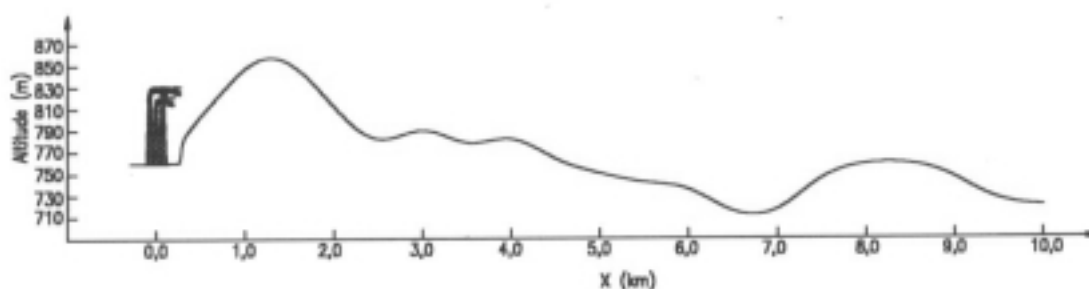


Figura 2 - Topologia na Direção 1

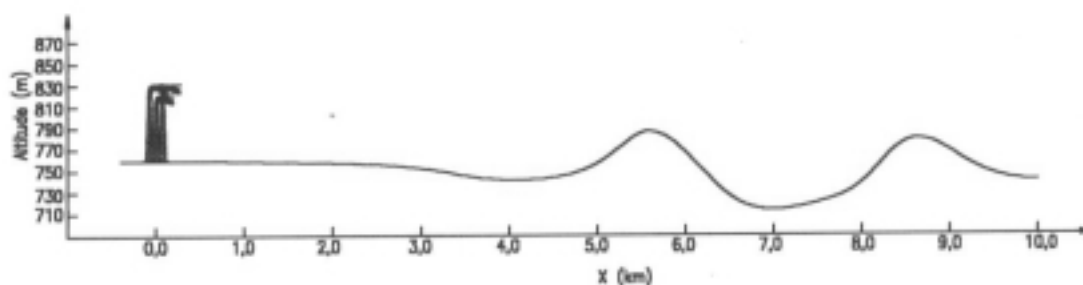


Figura 3 - Topologia na Direção 2

Tabela 7. Taxa de Alimentação de Metais Pesados no Forno Rotativo.

Elemento	Emissões [g/h]		
	Cru	Combustível	Resíduo
Hg	268	0,5	5,9
Cd	214	2,6	2,3
As	536	6,4	23,4
Pb	266	37,0	113,5

Fonte: François (1991).

A partir dos valores da Tabela 7, calcula-se para os Fornos I, II e III, os valores apresentados na Tabela 8. Estes dados representam as emissões para os três fornos, e se fazem necessários para a estimativa da concentração. Os valores de eficiência de retenção apresentados na Tabela 8, foram obtidos de estudos de campo reportados por François (1991), e tomados como referência para o presente trabalho de estimativa das emissões na chaminé.

Tabela 8. Estimativa de Emissões de Metais Pesados pelos Fornos I, II e III, considerando os níveis de incorporação ao clínquer verificados em testes de queima.

Elemento (eficiência de retenção do metal pesado no forno pela incorporação ao clínquer)	Forno I – 1.600 [ton/dia de clínquer]			Forno II - 1.520 [ton/dia de clínquer]			Forno III - 2.650 [ton/dia de clínquer]		
	Cru [mg/s]	Carvão + Coque [mg/s]	Resíduo [mg/s]	Cru [mg/s]	Carvão + Coque [mg/s]	Resíduo [mg/s]	Cru [mg/s]	Carvão + Coque [mg/s]	Resíduo [mg/s]
Hg (99,81%)	134,028	0,220	2,609	127,659	0,209	2,485	222,561	0,323	3,836
	260,028 [µg/s]			247,671 [µg/s]			430,768 [µg/s]		
Cd (99,89%)	107,164	1,147	1,018	102,071	1,092	0,970	177,952	1,687	1,497
	115,889 [µg/s]			110,382 [µg/s]			199,250 [µg/s]		
As (99,982%)	268,057	2,828	10,339	255,318	2,694	9,848	445,122	4,159	15,204
	50,620 [µg/s]			48,215 [µg/s]			83,607 [µg/s]		
Pb (95,498%)	133,152	16,355	50,149	126,825	15,578	47,766	221,107	24,052	73,742
	8988,513 [µg/s]			8561,350 [µg/s]			14356,878 [µg/s]		
Taxa de alimentação nos fornos	Carvão+Coque = 1,571[kg/s]			Carvão+Coque = 1,496[kg/s]			Carvão+Coque = 2,310[kg/s]		
	Resíduo = 0,530[kg/s]			Resíduo = 0,505[kg/s]			Resíduo = 0,780[kg/s]		
	Cru = 29,200[kg/s]			Cru = 27,812[kg/s]			Cru = 48,488[kg/s]		

Tabela 9. Estimativa do Nível de Concentração das Emissões na Saída da Chaminé dos Fornos I, II e III (µg/Nm<sup>3</sup>)

Elemento	Forno I	Forno II	Forno III
Hg	9,367	9,367	10,256
Cd	4,175	4,174	4,744
As	1,823	1,823	1,991
Pb	323,782	323,778	341,822

Com os valores de emissões da Tabela 8, as características dos Fornos I, II e III e, admitindo-se a velocidade do vento na região de 2 m/s, pode-se através da teoria estatística Gaussiana calcular as concentrações para as topologias representadas pelos gráficos das Fig.2 e 3, para a pior condição de dispersão. Estes valores são apresentados na Tabela 10, juntamente com seus valores respectivos permitidos pela MEI (Máxima Exposição Individual) Holcomb and Pedelty (1992), que é a máxima exposição individual que um ser humano pode absorver, supondo que o mesmo tenha uma vida média de 24 horas/dia, 365 dias/ano e 70 anos. Os limites da MEI adotados pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) são utilizados como referência, para permitir ou não o licenciamento da atividade de co-processamento em fornos de clínquer.

Tabela 10. Valores Estimados de Concentração no Ar Atmosférico para a Pior Condição de Dispersão para o Arsênio, Cádmio, Chumbo e Mercúrio Oriundos dos Fornos I, II e III, nas Direção 1 e 2; e valores Permitidos pela MEI.

Concentração (µg/m <sup>3</sup> )							
Elemento	MEI	Forno I Direção		Forno II Direção		Forno III Direção	
		1	2	1	2	1	2
Arsênio	2,3e-3	2,022e-3	0,796e-3	1,936e-3	0,760e-3	5,607e-3	1,728e-3
Cádmio	5,6e-3	4,629e-3	1,822e-3	4,432e-3	1,740e-3	13,362e-3	4,118e-3
Chumbo	9,0e-2	35,904e-2	14,134e-2	34,377e-2	13,495e-2	96,283e-2	29,673e-2
Mercúrio	8,0e-2	1,039e-2	0,409e-2	0,994e-2	0,390e-2	2,889e-2	0,890e-2

Para se fazer uma representação gráfica dos valores estimados, fez-se uso do elemento arsênio, pois o comportamento das curvas é semelhante para todos os elementos.

Os valores estimados de concentração para a pior condição de dispersão na Direção 1 para os Fornos I, II e III são representados graficamente nas Fig.4, 5 e 6 e para a Direção 2 para os Fornos I, II e III são representados graficamente nas Fig. 7, 8 e 9.

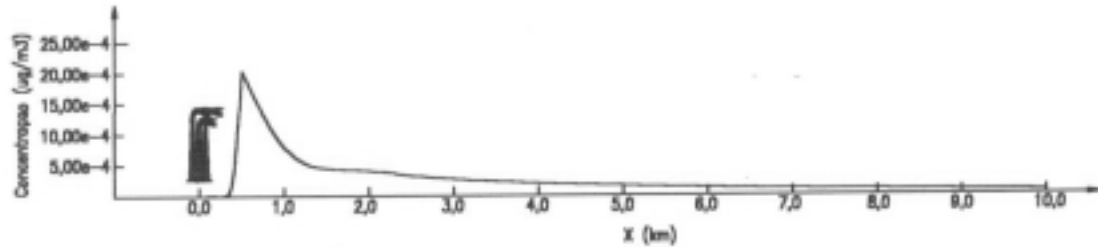


Figura 4 - Dispersão do Arsênio na Direção 1 para o Forno I

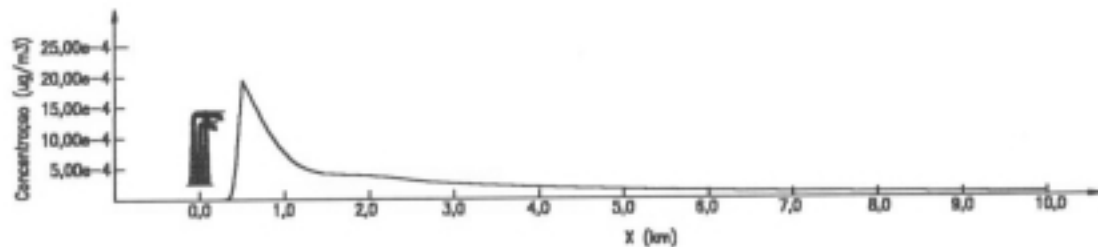


Figura 5 - Dispersão do Arsênio na Direção 1 para o Forno II

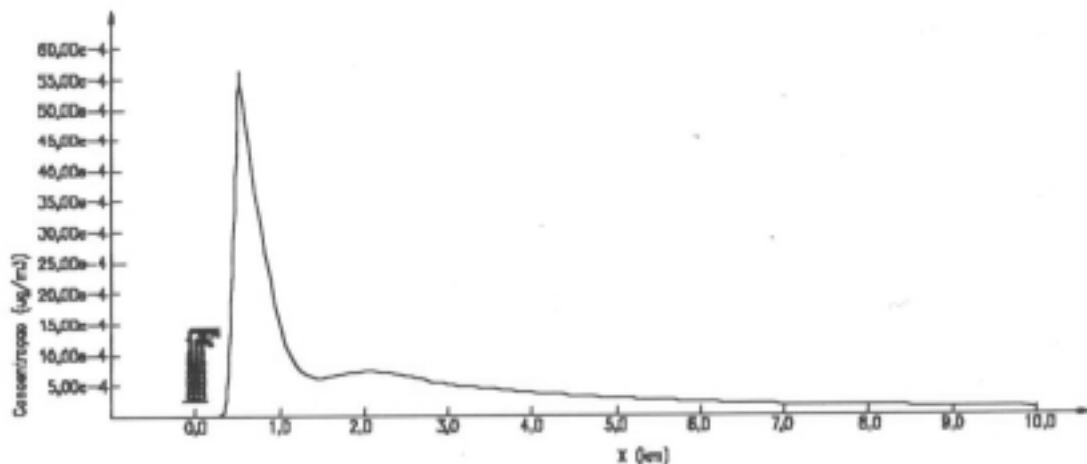


Figura 6 - Dispersão do Arsênio na Direção 1 para o Forno III

Os gráficos das Fig. 4, 5 e 6 representam o comportamento da estimativa da dispersão de poluentes emitidos pelos Fornos I, II e III, considerando-se que o vento esteja na direção 1. Analisando-se estes gráficos, observa-se que tendo em vista a topologia nessa direção, tem-se uma concentração elevada bem próxima da fonte emissora.

Os gráficos das Fig. 7, 8 e 9 representam o comportamento da estimativa da dispersão de poluentes emitidos pelos Fornos I, II e III, considerando-se que o vento esteja na direção 2. Analisando-se estes gráficos, observa-se que tendo em vista a topologia nessa direção, tem-se uma concentração menos elevada comparando-se com os valores obtidos para as mesmas condições operacionais e ambientais, porém alterando-se apenas para a topologia da direção 1.



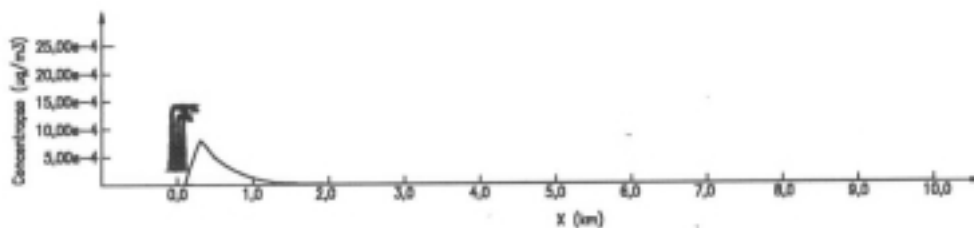


Figura 7 - Dispersão do Arsênio na Direção 2 para o Forno I

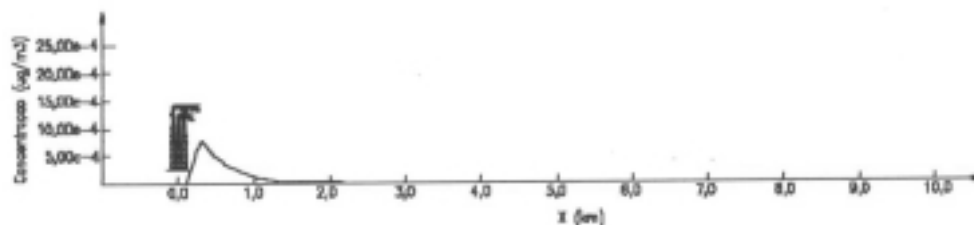


Figura 8 - Dispersão do Arsênio na Direção 2 para o Forno II

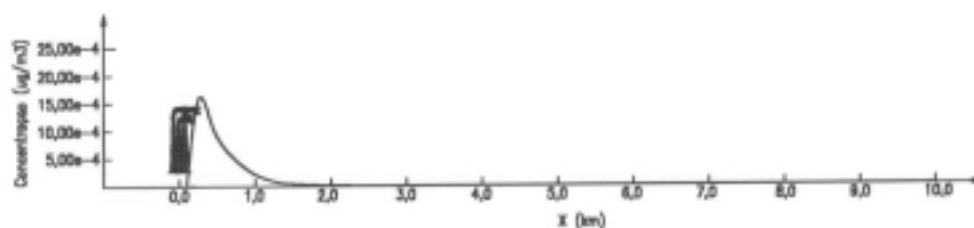


Figura 9 - Dispersão do Arsênio na Direção 2 para o Forno III

Ao observar os gráficos das Fig. 4, 5, 6, 7, 8 e 9, verifica-se que a maior concentração para a pior condição de dispersão para a região, com relação à fonte emissora, está a 0,5km de distância para os cálculos obtidos para a direção 1 e a 0,3km de distância para os cálculos obtidos para a direção 2. Além disso, os valores obtidos para a direção 1 é em torno de 3 vezes os valores obtidos para a direção 2, portanto, a topologia influencia o comportamento da dispersão.

Ao observar a Tabela 10, é verificado que se forem queimados os resíduos em apenas um forno por vez, o valor estimado de dispersão para o chumbo violará a MEI. Para os Fornos I e II considerando a Direção 1, os resultados são da ordem de 4 vezes o valor apresentado pela MEI e para os mesmos fornos considerando a Direção 2, os resultados são da ordem de 1,5 vezes o valor apresentado pela MEI. Para o Forno III considerando a Direção 1, os resultados são da ordem de 10,5 vezes o valor apresentado pela MEI e considerando a Direção 2, os resultados são da ordem de 3,5 vezes o valor apresentado pela MEI. Além disso, para o Forno III considerando a Direção 1 a MEI será violada para o arsênio e cádmio sendo os resultados da ordem de 2,5 vezes o valor apresentado pela MEI.

Portanto, deve-se diminuir a quantidade de material co-processado para estas condições operacionais e ambientais. Verifica-se portanto, que o controle das taxas de alimentação dos resíduos e de seus constituintes, pode permitir alcançar níveis aceitáveis de emissões, garantindo assim a segurança do processo.

## REFERÊNCIAS

Cardoso, C. and Direitinho, F. (1992). Comparative Study on Energy Indicators for the Cement Sector in Brazil and the E.C.C. CEEETA/IDAE, Seminary ECC/Brazil, Energy Intensive Industrial Sectors; IPT-SP, São Paulo-SP, March 23 to 25.

- Corraleno, J.A.A. (1982). Técnicas de Conservación Energética en la Indústria - Tomo II. Ahorro em Processos. Ministério da Indústria y Energia, Comisaria de la Energia y Recursos Minerales, Centro de Estudos de Energia, Espanha.
- Duda, W.H. (1977). Manual Tecnológico del Cemento. Editores Técnicos Associados, S.A.; Barcelona, Espanha.
- François, D. (1991). "Influence de L'Incineration Sur Les Émissions et le Piégeage des Éléments Lourds et des Métaux. Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux, N<sup>o</sup> 790, 03/1991, pp 161-164.
- Holcomb, L.C. and Pedelty, J.F. (1992). "Exposure to Emissions from Cement Kilns Burning Waste-Derived Fuels Compared to Health Based Standards." Air & Waste Management Association, 85th Annual Meeting & Exhibition, Kansas City, Missouri, USA, June, 21-26.
- Ottoboni, A.P., Souza, I., Menon, G.J., Silva, R.J. (1996) "Eficiência de Destruição de Resíduos Utilizados no Co-processamento em Fornos Rotativos", 4<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cimento.
- Ramos, M.D., Menon, G.J., Silva, R.J. (1996), "Influência de Diferentes Coeficientes de Dispersão em Modelos de Estimativa de Concentração de Poluentes", 4<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, S.P., Brasil.
- Ramos, M.D., Menon, G.J., Silva, R.J., (1996a) "Influência da Altura Efetiva da Pluma em Modelos de Dispersão de Poluentes", VI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas, Florianópolis, SC, Brasil.
- Ramos, M.D., (1997) "Estudo das Emissões de Poluentes Oriundos de Fábricas de Cimento Portland e sua Dispersão na Atmosfera", Dissertação de Mestrado, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Departamento de Engenharia Mecânica, Itajubá-MG, Brasil.
- Sax, N.I. (1974). "Industrial Pollution" Van Nostrand Reinhold Company.
- Silva, R.J., (1994) "Análise Energética de Plantas de Produção de Cimento Portland", Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP, Brasil.

### **ESTIMATE OF THE DISPERSION OF EMITTED POLLUTANTS IN THE ACTIVITY OF CO-PROCESSING OF INDUSTRIAL RESIDUES**

**ABSTRACT.** *The purpose of this paper is to present the results of studies of pollutants dispersion in the atmosphere, originating from of the activity of co-processing of industrial wastes in rotary kilns of cement industries. The levels of emissions of dangerous pollutants in these kilns should be minimum, due to the high destruction efficiencies reached in this activity, as well as for the effective control of the rates of feeding of the wastes, raw and fuels. The demands of the environmental legislation with relationship to the low concentrations of heavy metals and products of incomplete combustion in the air turn the dispersion study of a great value in the preliminary estimate of the environmental problems of contamination for those products. This paper presents results based on the Gaussian statistical theory, considering the different ways of obtaining some parameters, such as coefficients of horizontal and vertical dispersion, effective height of the plume, and still considering the direction of the wind and the topology in the area where a source of pollutants exists.*

**KEYWORDS:** *Atmospheric pollution, Pollutants, Gaussian dispersion, Co-processing, Pollutants concentration.*