

AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS ESTRUTURAIS DA EMISSÃO DE POLUENTES

Marcelo R. de Holanda – holanda@feg.unesp.br

José A. P. Balestieri – perrella@feg.unesp.br

Universidade Estadual Paulista, Departamento de Energia

Cx. P. 205 – 12516-410 – Guaratinguetá, SP, Brasil

***Resumo.** Atualmente, a implantação de sistemas energéticos é concretizada levando-se em consideração alguns aspectos relevantes tais como: retorno econômico, confiabilidade, eficiência e meio ambiente, sendo que este último pode ser abordado tanto em termos de custos reais impostos à sociedade, chamados custos ambientais externos ou externalidades ambientais, quanto em termos de custos destinados ao controle da emissão de poluentes atmosféricos. Nesse sentido, a co-geração tem sido recomendada para empresas de setores industriais que apresentam elevado perfil de consumo de energias térmica e eletromecânica (elétrica) não apenas por suas vantagens no que tange ao uso racional da energia mas, também, por significar uma melhoria no tocante às emissões de poluentes para a atmosfera. Com base nestas informações e no conhecimento de que a co-geração a partir de resíduos sólidos municipais (RSM) na Região de Guaratinguetá se revelou interessante a menos de uma investigação mais rigorosa quanto aos custos ambientais decorrentes da emissão de CO₂, NO_x, SO₂ e particulados, esse artigo tem como objetivo a apresentação dos elementos estruturais, no contexto nacional e internacional, da emissão desses poluentes e a discussão de sua pertinência no âmbito da destruição de RSM.*

***Palavras-chave:** Legislação, Custos ambientais*

1. INTRODUÇÃO

Desde o aparecimento da raça humana na Terra que o meio ambiente vem sofrendo inúmeras alterações; tanto é assim que após a Revolução Industrial, devido às grandes mudanças introduzidas pela mesma, o consumo energético cresceu de modo assustador, acelerando o desenvolvimento de uma crise ambiental.

No entanto, com grande destaque para a década de 1980, a questão ambiental é conseqüente ao tema dominante na década anterior, que envolvia a conservação de energia numa reação evidente à crise do petróleo iniciada em meados dos anos de 1973 e 1979, numa conjunção mundial que procurava estabelecer relações de força entre as grandes potências e os detentores das maiores reservas petrolíferas, isto é, uma crise com forte apelo geopolítico mas que teve por mérito evidenciar, como antes não se fizera, a possibilidade de completa exaustão das reservas energéticas fósseis e a displicência com que vínhamos exaurindo tais fontes.

Restabelecidas as condições “de normalidade”, viu-se crescer uma consciência ambiental que encontrou, em todo o mundo, posições fortes - especialmente de grupos não-governamentais; em defesa do meio ambiente já se observaram posições diversas, das mais extremadas às mais condescendentes com os interesses políticos-econômicos. Como resultado disso, verifica-se que a questão energética apresenta atualmente uma forte componente de discussão ambiental, face aos agravos que o emprego de sistemas termelétricos bem como o transporte individual tem proporcionado em termos de emissões para a atmosfera, assim como a contaminação do solo e da água.

No contexto da proteção ao meio ambiente ressalta-se que existem órgãos fiscalizadores, tanto no Brasil quanto no exterior, destinados ao monitoramento dessas emissões e a conseqüente preservação da qualidade de vida da população, da fauna e da flora, sendo que para isto os mesmos seguem legislações ambientais as quais encerram elementos de grande relevância, tais como os padrões de qualidade do ar¹ e os limites máximos de emissão². Entretanto, constata-se que o agente poluidor não procura reparar sua ação prejudicial ao meio ambiente por livre iniciativa por não encontrar motivação econômica para tanto, pelo que a intervenção governamental passa a ser necessária (Almeida, 1998).

Neste trabalho, além de se apresentarem os valores dos padrões ambientais que, por sua vez, são estabelecidos por alguns países ou entidades nacionais e internacionais, discute-se, no contexto de uma análise crítica, a real importância da utilização dos mesmos como uma ferramenta básica para o controle da poluição atmosférica em centrais de co-geração com RSM.

2. AS CONSEQÜÊNCIAS DA GERAÇÃO DE POLUENTES

O processo de combustão, que é amplamente empregado na geração de energia, constitui-se numa reação química exotérmica e muito rápida entre combustível e oxidante; em geral, os elementos químicos nos combustíveis responsáveis pela liberação de calor são carbono, hidrogênio e enxofre (Chomiak, 1990).

Entretanto, faz-se necessário compreender através da reação $C_x H_y + a O_2 \rightarrow b CO_2 + c H_2O$ que a combustão do mais simples recurso natural (combustível) emitirá, no mínimo, poluentes tais como gás carbônico (CO₂) e vapor d'água (H₂O). Por esta razão, não se fala hoje em geração de energia sem estar verdadeiramente preocupado com a degradação que a mesma possa causar ao meio ambiente.

Assim, é preciso que se pague não só pelo uso do recurso energético, mas também pelo controle das emissões de poluentes atmosféricos (através da instalação de tecnologias de redução/controle) numa tentativa de se buscar a minimização dos danos ambientais.

Segundo Santo, Gallo e Bizzo (1998), o potencial poluente das diferentes substâncias formadas durante o processo de combustão e seu impacto sobre o meio ambiente e/ou sobre a saúde humana têm sido motivo de extensas pesquisas multidisciplinares, englobando desde pesquisadores da área de combustão até meteorologistas e toxicologistas. Nesta direção, as emissões oriundas desse tipo de tecnologia podem ser divididas, *grosso modo*, entre as de impacto global e as de impacto local.

As emissões de impacto global contribuem, junto a emissões de outras origens, para o aquecimento da Terra, responsável pelo efeito estufa (*greenhouse effect*). Há gases que

¹ São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos a flora e a fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

² Entende-se por limite máximo de emissão ou padrão de emissão a quantidade de poluentes permissível de ser lançada por fontes poluidoras para a atmosfera.

ocorrem espontaneamente na natureza e que são responsáveis pelo efeito estufa, tais como o CO_2 , o vapor d'água e o metano (CH_4). Embora imprescindível para a sustentação da vida no planeta (mantendo a temperatura da biosfera dentro de limites adequados), o efeito estufa pode também ocasionar uma elevação na temperatura média da Terra (com efeitos danosos sobre o clima) caso aumente substancialmente a concentração destes gases.

As emissões de impacto local são as associadas a deposição ácida, ao *smog* fotoquímico e ao material particulado. Poluentes como óxidos de enxofre e de nitrogênio são responsáveis pela deposição ácida. Duas formas de deposição podem ocorrer para esses gases, denominadas seca e úmida. A deposição seca é atribuída à deposição dessas substâncias diretamente no solo e a deposição úmida ocorre quando tais gases se oxidam formando o H_2SO_4 e H_2NO_3 e sofrem dissolução em água, formando ânions $(\text{SO}_4)^{-2}$ e $(\text{NO}_3)^{-2}$ que depois são depositados na crosta terrestre juntamente com a água da chuva. É sabido que tais poluentes provocam doenças respiratórias, comprometem a qualidade do solo, da água de rios, lagos e lençóis freáticos e podem entrar na cadeia alimentícia.

O *smog* fotoquímico é causado por complexas reações químicas na atmosfera, sob efeito da luz solar, diminuindo a visibilidade e afetando a saúde humana através de sua inalação. Associados a emissões provenientes do processo de combustão, os óxidos de nitrogênio, os hidrocarbonetos não queimados, material particulado e os óxidos de enxofre contribuem para a formação do *smog*.

Os materiais particulados apresentam-se em fase sólida, porém arrastados por correntes gasosas na atmosfera. São constituídos por resíduos de carbono, hidrocarbonetos não queimados, sais e cinzas oriundos de processos de combustão de combustíveis fósseis ou biomassa, de mineração do carvão, queimadas, etc. A essas emissões atribui-se a diminuição da visibilidade do ar, a contaminação de solos e águas, a ocorrência de problemas respiratórios e problemas de saúde devido a sua inserção na cadeia alimentícia.

Contudo, uma outra alternativa que vem sendo muito utilizada também para mitigar tais impactos ambientais e, por conseguinte, manter o padrão atual de qualidade de vida da população, centra-se na idéia da redução do consumo dos vetores energéticos e que pode ser implementada pelo uso da tecnologia de co-geração. O seu conceito está associado à prática de uma forma de geração combinada de energia térmica e eletromecânica a partir de uma mesma fonte primária, sendo assim uma forma de Conservação de Energia (Holanda, 1998). Logo, convém mencionar que a Legislação Básica sobre co-geração é bastante clara, na forma do artigo 1º, inciso IV da Lei nº 9.478 de 06/08/1997 (a qual dispõe sobre a Política Energética Nacional), quanto ao aspecto de que as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visarão promover a conservação de energia e, ao mesmo tempo, proteger o meio ambiente (INEE, 1998).

Isto pode ser ainda mais economicamente potencializado, desde que não agravem os problemas ambientais, se ao invés de consumir energéticos não-renováveis, se fizer uso dos renováveis, como o lixo urbano, os resíduos industriais e as biomassas.

De acordo com relatos apresentados pelo Departamento de Energia do Governo da Califórnia (1998), a co-geração com RSM é uma das três principais tecnologias empregadas na transformação de insumo em energias, junto com a digestão anaeróbica e a gaseificação com biomassa. Dessa forma, o RSM pode ser queimado diretamente nas centrais termelétricas como um combustível sem processamento ou minimamente processado (conhecida como a combustão em massa ou em série - *mass burn*); ou o mesmo pode sofrer um processamento que vai de moderado à extensivo antes de ser queimado como um combustível derivado de

refugos³ (*refuse-derived fuel*); ou ainda ele pode ser previamente gaseificado utilizando-se as técnicas de pirólise ou de gaseificação térmica. Por esses motivos, é de grande interesse para os E.U.A. optar pelo emprego das duas últimas, porque o controle das emissões de poluentes atmosféricos apresenta um desenrolar mais fácil quando comparado ao da tecnologia de combustão em série, visto que o gás produzido nelas pode ser submetido a um processo de purificação (através dos lavadores de gases) para a remoção de alguns contaminantes antes da combustão propriamente dita.

Já na Suíça, conforme estudos realizados por Gilst (1991), o que se faz durante o processo de combustão dos RSM é a simples adição de alguns rejeitos energeticamente mais ricos (como, por exemplo, o plástico), ocasionando, desse modo, um aumento substancial do poder calorífico inferior e a tão cogitada redução da quantidade de insumo introduzido no forno de incineração. Tal prática, supõe-se, poderá causar uma diminuição virtual na geração de energia, mas em compensação contribuirá de alguma forma para a preservação da qualidade do meio ambiente.

Por fim, de nada adiantará todo esse emprego da tecnologia de co-geração se o mesmo não estiver de acordo com os padrões de qualidade ambiental, pois a Legislação Federal (CETESB, 1995), na forma da Resolução CONAMA nº 1 de 23/01/1986 (que estabelece as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental), em conjunção a Legislação Estadual (CETESB, 1999), na forma da Lei nº 9.509 de 20/03/1997 (que dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos), atentam para o fato de que a própria expedição de licenças ambientais dependerá da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto de Meio Ambiente, com os quais os órgãos fiscalizadores verificam, dentre outras coisas, a já mencionada obediência aos padrões de qualidade do ar.

Esse artigo procura, então, desenvolver uma avaliação dos elementos estruturais em destaque, tendo como base a comparação feita entre as legislações brasileira e internacional.

3. COMPARAÇÃO ENTRE AS LEGISLAÇÕES NACIONAL E INTERNACIONAL

A legislação brasileira referente às emissões gasosas é bastante recente, sendo que de interesse direto para a geração termelétrica existem três regulamentações: a Portaria IBAMA nº 348 de 14/03/1990, a Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/1990 e a Resolução CONAMA nº 8 de 06/12/1990 (CETESB, 1995).

As duas primeiras estabelecem os padrões federais (primários⁴ e secundários⁵) de qualidade do ar, as concentrações de poluentes, o monitoramento da qualidade do ar e definem os Planos de Emergência para episódios críticos de poluição do ar. Enquanto que a terceira, dispõe sobre os limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão (externa) em fontes fixas como: caldeiras, geradores de vapor, centrais para a geração de energia elétrica, fornos, fornalhas, estufas e secadores para a geração e uso de energia térmica, incineradores e gaseificadores.

Entretanto, não se deve esquecer de mencionar o Decreto nº 8.468 de 08/09/1976, encerrado na Legislação Estadual (CETESB, 1999), que, por sua vez, estabeleceu os padrões de qualidade do ar para todo o território do Estado de São Paulo, sendo os mesmos utilizados

³ O combustível derivado de refugos consiste no RSM fragmentado, que na verdade é o sub-produto de uma operação de recuperação de recursos.

⁴ Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

⁵ Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano a fauna e a flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

até hoje pela própria CETESB como ferramenta poderosa no combate à deterioração da qualidade ambiental e com valores iguais aos padrões primários apresentados na Resolução CONAMA nº 3 de 28/06/1990.

Tais informações e outras mais podem ser extraídas de uma compilação de padrões ambientais (“Tabela 1”) elaborada pela Diretoria de Normas e Padrões Ambientais da CETESB (CETESB, 1994), em que se objetivou possibilitar um pronto conhecimento comparativo entre os valores dos níveis de referência de qualidade do ar implementados pelo Brasil e por outros países do mundo.

Assim, nota-se também que os padrões (primários e secundários) empregados nos E.U.A. são quase os mesmos do Brasil, com exceção das concentrações de ozônio (O_3), que apresentam valores 47% mais elevados. Isto nos leva a crer, então, que não estamos trabalhando com elementos controladores da poluição totalmente irrealistas.

Um outro aspecto muito importante a ser abordado é a ausência de padrões brasileiros, tanto no plano federal quanto no estadual, para as concentrações de chumbo (Pb), sendo que alguns países e algumas entidades internacionais já os tem apresentado e as práticas de co-geração a partir de RSM emitem como um de seus poluentes os metais pesados. Neste sentido, fica lançado um alerta aos órgãos fiscalizadores nacionais para que promulguem o mais rápido possível esses padrões e aumentem, dessa maneira, o número de ferramentas mitigadoras de impactos ambientais.

A Resolução CONAMA nº 8 de 06/12/1990 fixa, na “Tabela 2”, os limites máximos de emissão para dióxido de enxofre e partículas totais em suspensão e a densidade calorimétrica dos fumos do material particulado (MP).

Verifica-se que os limites aplicáveis são diferentes segundo classes de áreas distintas. A Classe I corresponde às áreas de preservação e lazer; quando uma área é declarada como preservada, não se permite a instalação de novas fontes de poluição do ar e quando declaradas como conservadas, valem os padrões de emissão estabelecidos na tabela. As áreas de Classe II são aquelas em que a qualidade do ar é limitada pelos padrões secundários. Nas áreas de Classe III a qualidade do ar é limitada pelos padrões primários.

Tais valores, no entanto, são mais elevados em relação aos adotados internacionalmente; para material particulado, cerca do dobro dos valores americanos ou europeus. No caso dos óxidos de enxofre, os menores limites brasileiros são coincidentes com os limites máximos europeus ou americanos, e quanto à emissão de NO_x , a Resolução CONAMA sequer estabelece valores para as fontes fixas (Santo, Gallo e Bizzo, 1998). Por tais motivos é que se faz necessário também empregar indiretamente os padrões de qualidade do ar para o estabelecimento de limites máximos de emissão.

A co-geração no Brasil é, ainda hoje, um tema recente e quando voltada para a destruição de RSM, a questão se torna ainda menos difundida; com isso, há lacunas na sua legislação ambiental voltada ao tema. Assim, pode-se fazer uso tanto dos próprios padrões de qualidade do ar quanto dos limites máximos de emissão oriundos da comparação feita no estudo de impacto ambiental, pois não apresenta, em suas legislações, uma regulamentação específica que disponha sobre os padrões de emissão de poluentes para unidades de incineração a partir destes insumos; ao contrário dos E.U.A., onde os primeiros padrões para o controle das emissões da incineração foram aplicados para os incineradores municipais sob as provisões do *New Source Performance Standards (NSPS)* do *Clean Air Act* de 1970 (Título I, Seção 111).

O *NSPS* estabeleceu um limite, em tempo ponderado de 2 horas, para material particulado de 180 miligramas por metro cúbico padrão ($20^\circ C$, 760 mm Hg, base seca, corrigido a 12% de CO_2) para todas as unidades de incineração, construídas depois de agosto de 1971, que tinham taxas de alimentação maiores que 50 toneladas por dia.

Tabela 1. Padrões de qualidade

| PARÂMETRO (em $\mu\text{g}/\text{m}^3$) | | Dióxido de Enxofre - SO_2 | | | Monóxido de Carbono - CO | | | | Dióxido de Nitrogênio - NO_2 | | |
|---|-----------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----|
| Tempo de Amostragem | | 1h | 24h | MAA | 1h | 8h | 24h | MAA | 1h | 24h | MAA |
| País ou Entidade | | | | | | | | | | | |
| BRASIL ⁽⁶⁾ | Padrão Primário | - | 365* | 80 | 40000* (35 ppm) | 10000* (9 ppm) | - | - | 320* | - | 100 |
| | Padrão Secundário | - | 100* | 40 | 40000* (35 ppm) | 10000* (9 ppm) | - | - | 190* | - | 100 |
| | CETESB ⁽⁷⁾ | - | 365* | 80 | 40000* | 10000* | - | - | - | - | - |
| OMS - Organização Mundial da Saúde (Valores Máximos Recomendados) | | - | 100-150 98 perc. | 40-60 | 30000 (26 ppm) | 10000 (9 ppm) | - | - | 190-320 ⁽²⁾ | - | - |
| OMS - Organização Mundial da Saúde (Valores Máx. Recomendados p/ Europa) | | 350 | - | 50 | 30000 (26 ppm) | 10000 (9 ppm) | - | - | 400 | 150 | - |
| CEE - Comunidade Econômica Européia | | - | 350 98 perc. | - | - | - | - | - | 200 98 perc. | - | - |
| E.U.A. | Padrão Primário | - | 365* | 80 | 40000* (35 ppm) | 10000* (9 ppm) | - | - | - | - | 100 |
| | Padrão Secundário | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 100 |
| HOLANDA | | 830 (máx.) | 250 98 perc. | - | 40000 (35 ppm) 99,9 perc. | 6000 (5 ppm) 98 perc. | - | - | 135 98 perc. | 100 95 perc. | - |
| REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA | | 1000 ⁽⁵⁾ | 300 | 100 | 50000 ⁽⁵⁾ (44 ppm) | - | 10000 (9 ppm) | 10000 (9 ppm) | - | 100 | - |
| ITÁLIA | | - | 250 98 perc. | 80 ⁽¹⁾ | 40000 (35 ppm) | 10000 (9 ppm) | - | - | 200 ⁽⁴⁾ | 200 98 perc. | - |
| JAPÃO | | 262 (0,1 ppm) | 105 (0,04 ppm) | - | - | 23000 (20 ppm) | 11500 (10 ppm) | - | - | 75-115 (0,04-0,06 ppm) | - |
| AUSTRÁLIA | | 450 | 160 | - | 35000 (30 ppm) | - | 11500 (10 ppm) | - | 280 | - | - |
| CANADÁ | | 900 | 300 | 60 | 35000 (30 ppm) | 15000 (13 ppm) | - | - | 400 | 200 | 100 |
| URSS | | - | 50 | - | - | - | 1000 (0,9 ppm) | - | - | 85 | - |

* Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano

OBSERVAÇÕES:

- (1) Mediana de 1 ano
- (2) Valor Máximo, 1 vez ao mês
- (3) Valor Máximo 24h: 150
- (4) Valor Máximo 1 vez ao dia
- (5) Período de Amostragem: 30 min
- (6) Resolução CONAMA n° 3/90
- (7) Decreto n° 8.468/76

ambiental - (AR)

| Ozônio - O ₃ | | | | Material Particulado em Suspensão - MPS** | | | | Chumbo - Pb | | | Fumaça | |
|-------------------------|---------|-----|-----|---|--|--------------------|-----|-----------------|---------|---------|---------------------|-------|
| 1h | 8h | 24h | MAA | 1h | 24h | MAA | MGA | 24h | 90 dias | MAA | 24h | MAA |
| 160* | - | - | - | - | 240* 150 ^{(d)*} | 50 ^(d) | 80 | - | - | - | 150* | 60 |
| 160* | - | - | - | - | 150* 150 ^{(d)*} | 50 ^(d) | 60 | - | - | - | 100* | 40 |
| 160* | - | - | - | - | 240* | - | 80 | - | - | - | - | - |
| 100-200 | - | - | - | - | 150-230 98 perc. | 60-90 | - | - | - | 0,5-1,0 | 100-150 98 perc. | 40-60 |
| 150-200 | 100-120 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,5-1,0 | - | - |
| - | - | - | - | - | 250 98 perc. | - | - | - | - | 2,0 | - | - |
| 235 | - | - | - | - | 150 ^(d) | 50 ^(d) | - | - | 1,5 | - | - | - |
| 235 | - | - | - | - | 150 ^(d) | 50 ^(d) | - | - | 1,5 | - | - | - |
| 240 | - | - | - | - | 90 ^(d) 98 perc. ⁽³⁾ | - | - | 2,0 98 perc. | - | 0,5 | - | - |
| - | - | 50 | 50 | - | 300 ^(d) 95 perc. | 150 ^(d) | - | 3,0 | - | 1,5 | - | - |
| 200 ⁽²⁾ | - | - | - | - | 300 95 perc. | 150 | - | - | - | 2,0 | - | - |
| 120 | - | - | - | 200 ^(d) | 100 ^(d) | - | - | - | - | - | - | - |
| 235 | 120 | - | - | - | - | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| 160 | - | 50 | 30 | - | 120 | 70 | - | - | - | - | - | - |
| 160 | - | 30 | - | - | 50 | - | - | 0,3 | - | - | 50 | - |

** Expresso em Partículas Totais em Suspensão (PTS), quando não indicado como Poeira Inalável (I)

NOTAS:

- 98 percentil estipula que 98% das médias diárias devem estar abaixo de uma dada concentração ou seja, menos que 2%, ou menos que 7 dias ao ano podem exceder esta concentração;
- MAA - Média Aritmética Anual;
- MGA - Média Geométrica Anual.

Tabela 2. Limites Resolução CONAMA 8/90

| Áreas | Combustível | Potência (MW) | SO ₂ (g/10 ⁶ kcal) | MP total (g/10 ⁶ kcal) | Densidade Calorimétrica (%) |
|------------------|----------------|---------------|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| Classe I | óleo ou carvão | ≤ 70 | 2000 | 120 | 20 |
| | | > 70 | não é permitido | | ----- |
| Classes II e III | óleo | ≤ 70 | 5000 | 350 | 20 |
| | | > 70 | 2000 | 120 | 20 |
| | carvão | ≤ 70 | 5000 | 1500 | 20 |
| | | > 70 | 2000 | 800 | 20 |

Em 11 de fevereiro de 1991, a *U.S. EPA* promulgou regras bem mais restritivas para todos os incineradores municipais de resíduos domésticos novos e existentes com capacidades maiores que 225 toneladas métricas por dia (*U.S. EPA*, 1991). Essas regulamentações (“Tabela 3”) requeriam o uso das Técnicas de Boa Prática de Combustão (*Good Combustion Practice* - que é um conjunto de procedimentos que resultam numa combustão mais eficiente e, conseqüentemente, na minimização da geração de produtos de combustão indesejados), em todas as plantas fixou um limite de particulados menor para controlar as emissões de metais e estabeleceu limites para óxidos de nitrogênio (NO_x), orgânicos, cloreto de hidrogênio (HCl), dióxido de enxofre (SO₂) e opacidade.

Tabela 3. Padrões de emissão e diretrizes para incineradores municipais de resíduos domésticos

| Descrição | NSPS ^{a, b} | Diretrizes de Emissão | |
|--|----------------------|------------------------|--------|
| Capacidade (t/dia) | > 225 | > 225 até 1000 | > 1000 |
| Opacidade (%) | 10 | 10 | 10 |
| Emissão de metais (como MP, mg/m ³) | 34 | 69 | 34 |
| Emissão de orgânicos (como PCDD/PCDF total, em ng/m ³) | 30 | 125 a 250 ^c | 60 |
| NO _x (ppmv) | 180 | nenhum | nenhum |
| HCl (% de redução/ppmv) | 95/25 | 50/25 | 90/25 |
| SO ₂ (% de redução/ppmv) | 80/30 | 50/30 | 70/30 |
| CO (ppmv) ^d | 50-150 | 50-250 | 50-250 |

Observações: (a) todos os limites de emissão são em base seca, 20°C, 760 mm Hg, corrigido a 7% de O₂; (b) NSPS - *New Source Performance Standards*; (c) aplicável somente a queimadores que usem combustíveis derivados de refugos e combustores que utilizem como combustível carvão misturado com derivados de refugos; (d) limites de emissão para CO dependem do tipo de tecnologia do incinerador municipal - técnicas de Boa Prática de Combustão também contém limitações sobre o máximo de carga de vapor na entrada do equipamento de controle de particulado.

Contudo, segundo pesquisas realizadas por Dempsey e Oppelt (1993), elas estão para serem modificadas mais uma vez em futuro breve no intuito de se adequarem às provisões dos aditamentos do *Clean Air Act Amendments* de Novembro de 1990. Tais revisões incluirão: regras para as unidades com capacidades menores que 225 toneladas/dia, limites de emissão para cádmio, chumbo e mercúrio e requisitos para o uso da Tecnologia de Máximo Controle Alcançável (*Maximum Achievable Control Technology*).

4. CONCLUSÃO

A combustão de recursos fósseis é, indiscutivelmente, a principal causa da poluição do ar nas sociedades modernas. Por isso, nos grandes centros industriais a degradação galopante do meio ambiente, em conjunção com a constante ameaça à saúde pública, atinge níveis cada vez mais críticos.

Assim, muitos países, na tentativa de encontrar solução adequada para esses problemas ligados diretamente à poluição ambiental, promulgaram legislações rigorosas visando, dentre muitas abordagens, a restrição dos níveis de emissão de poluentes para os principais sistemas de combustão, tais como usinas elétricas, fornos, automóveis, aeronaves e unidades industriais em geral.

Nesse sentido, faz-se necessário ressaltar que o Brasil, nos últimos anos, passou por um intenso processo de aprimoramento da legislação ambiental. As Constituições Federal e Estadual, as Resoluções CONAMA e, mais recentemente, as Leis Orgânicas dos Municípios introduziram dispositivos legais (como os eficientes padrões de qualidade do ar) capazes de promover uma sensível melhora nas relações entre desenvolvimento e meio ambiente.

No entanto, falta executar ainda uma revisão completa dos limites máximos de emissão apresentados pela Resolução CONAMA nº 8 de 06/12/1990 e avaliar, também, a possibilidade da criação de uma regulamentação específica (em termos de padrões de emissão) para as centrais de co-geração com RSM.

Um último ponto interessante a ser aqui mencionado é que tais elementos estruturais só revelam sua real importância quando saem do papel onde estão escritos e se projetam sobre a realidade dos fatos, pois a deterioração da qualidade de vida, que invalida quaisquer vantagens obtidas através do desenvolvimento industrial, tem de ser minimizada sob a consequência do aumento das penalidades impostas pelos órgãos fiscalizadores. Para tanto, devem ser articulados mecanismos que favoreçam a atitude voluntária de compensação ambiental, visando a “internalização” das externalidades, sem contudo imporem níveis de atividade econômica em condições inferiores à desejável.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – (Proc. nº 98/15863-2).

REFERÊNCIAS

- Almeida, L. T., 1998, Política ambiental: uma análise econômica, Papirus/Editora Unesp, São Paulo, Brasil.
- CETESB, 1994, Compilação de padrões ambientais, Diretoria de Normas e Padrões Ambientais, Folheto Informativo, São Paulo, pp. 3-4.
- CETESB, 1995, Legislação Federal: controle da poluição ambiental, Série Documentos, São Paulo, Brasil.
- CETESB, 1999, Legislação Estadual: controle da poluição ambiental, Série Documentos, São Paulo, Brasil.
- Chomiak, J., 1990, Environmental aspects of combustion, in Combustion: A Study in Theory, Fact and Application, eds A. K. Gupta and D. G. Lilley, U.S.A..
- Dempsey, C. R. & Oppelt, E. T., 1993, Incineration of hazardous waste: a critical review update, Journal of the Air and Waste Management Association, vol. 43, pp. 1-80.

- Departamento de Energia do Governo da Califórnia, 1998, Municipal solid waste power plants, Site <http://www.energy.ca.gov/development/biomass/msw.html>.
- Gilst, J. van, 1991, Analyse et planification des centrales d'incineration d'ordures avec cogeneration, Entropie, n. 164/165, pp. 129-130.
- Holanda, M. R., 1998, Avaliação do potencial de co-geração a partir de resíduos sólidos municipais na Região de Guaratinguetá, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista (Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá), Guaratinguetá, Brasil.
- INEE, 1998, Legislação Básica sobre co-geração, Fórum de Co-geração, Brasil.
- Santo, D. B. E., Gallo, W. L. R. & Bizzo, W. A., 1998, Análise de emissões de gases poluentes em usinas térmicas de produção de eletricidade, Proceedings of the 7th Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, November 3-6, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 2, pp. 1213-1218.
- U.S. EPA, 1970, *Clean Air Act*, Site <http://www.epa.gov> (Major Environmental Laws).
- U.S. EPA, 1991, Standards of performance for new stationary sources and final guidelines: final rules, Federal Register, vol. 56, n. 28, pp. 5488-5527.

Evaluation of the structural aspects of the emission of pollutants

Abstract. *The implantation of the energetic systems is established taking into account some relevant aspects such as economical payback, reliability, efficiency and environment. Environmental impacts can be approached in terms of the real costs imposed on the community, the so called environmental externalities, or in terms of the costs applied to the control of the emission of atmospheric pollutants. In this context the co-generation has been recommended to industries that present a high consumption profile of thermal and electromechanical energy. The advantages of this approach are to have a rational use of the energy and an improvement in the emission of atmospheric pollutants. The municipal solid waste (MSW) co-generation has proved to be an interesting experience for the Guaratinguetá Region, although a more rigorous investigation is still necessary about the environmental costs coming from the CO₂, NO_x, SO₂ and particulate matter emissions. This work presents the structural elements of the emission of these pollutants in national and international contexts, and the discussion of their importance on the burning of MSW.*

Key words: *Regulation, Environmental costs*