

EDUCAÇÃO e TECNOLOGIA



Revista do Instituto Politécnico da Guarda

"EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA"
Revista do Instituto Politécnico da Guarda

Director: **João Bento Raimundo**

Redacção: **Rua Comandante Salvador do Nascimento**
TeL 21634/23662 6300 GUARDA

Propriedade: **Instituto Politécnico da Guarda**

Execução Gráfica: **Secção de Reprografia do IPG**

Depósito Legal Nº **17.891/87**

Reprodução total ou parcial proibida

Nº VII / Janeiro de 1991

PROGRESSO POR OBJECTIVO

O sétimo número de "*Educação e Tecnologia*" coincide com o início de mais um ano lectivo, o mesmo é dizer, com uma nova fase do Instituto Politécnico da Guarda. Nova, porque o Instituto Politécnico da Guarda cresceu em número de cursos, de alunos e professores, aumentando as exigências, qualitativas e quantitativas. Enfim, o Instituto Politécnico lançou já os seus primeiros diplomados.

Hoje são já umas dezenas; o amanhã, que é breve, os fará crescer.

Isto significa que a nossa Instituição é posta à prova em termos práticos.

Estamos a desenvolver uma formação que dê aos nossos jovens uma realização académica a par das exigências da sociedade moderna; que da justaposição de ambas surja uma adequação o mais perfeita possível à resposta interior do indivíduo no campo do estar, do fazer, do ter, do ser.

O espaço de diálogo, de abertura, de confronto de ideias, de registo de experiências que vem constituindo "*Educação e Tecnologia*", ficaria incompleto se nele não viessem a tomar lugar também aqueles que primeiro motivaram a sua existência.

Bem-vindos serão, também, os registos de quantos, como empregadores, vão testar, no terreno, o que laboriosamente proporcionámos que se ajustasse às solicitações de uma produção eficaz e digna.

Quisemos dar mais oportunidades ao nosso Distrito - por isso existimos como Instituição de Ensino Superior. Quisemos dar mais oportunidades à juventude - por isso aumentámos o número de vagas e de cursos, apostámos na qualidade e formação do corpo docente, continuamos a melhorar as instalações. Queremos dignificar o ensino e engrandecer o País - dialogar, modificar, adequar.

Parafrazeando A. Comte:

"Amor por princípio / Competência por base / Progresso por objectivo".

João Bento Raimundo
Presidente da C.I. do I.P.G.

INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ASPECTOS RELATIVOS À GESTÃO DE UNIDADE COM RECUPERAÇÃO DA ENERGIA; CONTROLO DE QUALIDADE DOS EFLUENTES

Prof. Luís Eugénio Teixeira de Lemos*

1. INTRODUÇÃO

Resíduos são, por definição (vide Decreto-Lei nº 488/85, de 25 de Novembro), "o conjunto de materiais, podendo compreender o que resta de matérias-primas após a sua utilização e que não possa ser considerado subprodutos ou produtos, de que o seu possuidor pretende ou tenha necessidade de se desembaraçar".

O conceito de resíduos sólidos urbanos (R.S.U.) engloba não só os lixos provenientes dos domicílios mas ainda os resultantes do pequeno comércio, de mercados, jardins e ruas. Certos lixos industriais são assimiláveis aos lixos domésticos desde que não tóxicos e se da sua composição constarem essencialmente materiais como papel, cartão, madeira, plásticos ou farrapos.

Aos municípios (isoladamente ou em associação) compete a recolha, tratamento e selecção do destino final dos resíduos sólidos urbanos.

No nosso País, se por um lado a remoção e transporte de lixos urbanos é feita, nalguns casos, com relativa eficácia, o mesmo não se poderá dizer das fases subsequentes onde o nosso atraso é flagrante.

Os lixos são, em geral, simplesmente descarregados em

* Professor Coordenador da ESTG.

lixeiros com todos os inconvenientes para a saúde pública e para o ambiente, ocupando igualmente espaços municipais significativos.

Porém, nos últimos tempos, tem-se verificado em Portugal uma mudança de atitude relativamente a este problema, resultante da tomada de consciência da limitação dos recursos ambientais bem como dos espaços ocupados.

A nível mundial, em países onde a busca de soluções para o destino final a dar aos resíduos sólidos urbanos é mais que centenária, ainda não se chegou a consenso sobre o método ideal.

Esta situação, associada aos grandes interesses económicos frequentemente postos em jogo e à falta de sensibilidade do ponto de vista técnico e económico por parte de alguns responsáveis pelas decisões, tem levado, em diversos países, à adopção de soluções espectaculares, de forte impacto mediático e que sendo geralmente decalcadas de outras existentes em local diferente, se vêm a revelar pouco satisfatórias se não desastrosas.

Assim, e para evitar que no nosso País os mesmos erros sejam cometidos, torna-se imprescindível proporcionar um conhecimento, o mais exaustivo possível, de todos os parâmetros em jogo assim como de alguns dos problemas que podem surgir na exploração de uma unidade de tratamento de resíduos sólidos urbanos.

No presente artigo dar-se-á especial atenção ao processo de incineração com recuperação de energia.

A caracterização dos lixos urbanos no que respeita à qualidade (composição, teor da humidade...) e à quantidade (capitação, taxa de recolhíveis, sazonalidade...) é de extrema importância.

Nesta perspectiva, uma primeira precaução a ser tomada é o facto de que a pesagem e análise qualitativa de lixo num dado destino final não dá uma indicação precisa das características do lixo verde (acabado de recolher) ou do lixo recolhível, pois há perdas por triagem (na origem, no local de deposição, na recolha e na lixeira) e alterações no teor de humidade...

A nível mundial e nos últimos 20 anos, a percentagem de resíduos orgânicos fermentáveis tem vindo a decrescer (de 25% para 15%), ao passo que a percentagem de plásticos (de 5 para 20%) e de papel e cartão (de 25% para 40%) têm vindo a aumentar significativamente.

Na maior parte dos casos, os lixos são pura e simplesmente descarregados em lixeiras (geralmente sem qualquer controlo) ou incinerados (quase sempre ao ar livre e sem qualquer preocupação relativa à preservação da qualidade do ambiente).

Os lixos podem, no entanto, ser valorizados por compostagem (com obtenção de fertilizantes agrícolas) ou por incineração (com aproveitamento de energia).

Em França, 8% dos lixos domésticos recolhidos destinam-

-se à compostagem, 15% à incineração simples, 27% à incineração com recuperação de energia, sendo 50% descarregados em lixeiras (8 % das quais sem qualquer controlo).

Qualquer que seja o método adoptado, a finalidade a atingir deve ser a de diminuir o custo da gestão dos resíduos sólidos urbanos, cujo objectivo final é a conservação dos recursos, incluindo o espaço municipal que os lixos vão ocupar e poluir.

2. MÉTODOS DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Começaremos por abordar sucintamente a reciclagem, o processo de compostagem e depois, mais detalhadamente, a incineração com recuperação de energia.

2.1. Reciclagem de materiais

A reciclagem de certo tipo de materiais como o vidro, papel e cartão, plástico e metais (ferrosos ou não) pode ser rentabilizada, estimulando a recolha selectiva voluntária, na origem.

Desde Dezembro de 1989 que uma experiência piloto deste tipo é levada a cabo em Dunquerque (França) com resultados bastante positivos.

Os materiais ferrosos devem ser, sempre que possível, retirados da massa de lixo (por separação magnética) e de preferência a montante do incinerador de modo a evitar-se a sua oxidação e contaminação. Consegue-se assim um melhor resultado da venda do mesmo.

O papel e o cartão reciclados representam uma alternativa menos poluente e com substancial poupança de energia relativamente à produção da pasta de papel, com a vantagem, não menos importante, da preservação da riqueza florestal e dos recursos hídricos.

A reciclagem do vidro conduz igualmente a uma importante economia no combustível necessário ao processo de fusão assim como das próprias matérias-primas.

Para melhorar os índices de reciclagem dos plásticos, a Comissão Europeia prepara uma directiva que obrigará cada Estado membro a reciclar obrigatoriamente pelos menos 70% do seu consumo deste tipo de embalagens de líquidos alimentares.

Referem-se, a título indicativo, alguns dos preços aproximados que podem atingir os materiais recicláveis:

- Metais ferrosos (antes da incineração): 7000\$00 / tonelada
- " " (depois da incineração): 600\$00 / tonelada
- Papel e cartão: 7.500\$00 / tonelada
- Plásticos: 15.000\$00 / tonelada
- Vidro: 3.000\$00 / tonelada

2.2. Compostagem

A compostagem é um processo que permite a obtenção de compostos orgânicos os quais podem ser utilizados como fertilizantes.

Este processo de valorização, fortemente dependente da quantidade de resíduos orgânicos presente nos lixos, é actualmente afectado pela redução da quantidade da matéria fermentável presente nos lixos domésticos.

O composto fertilizante obtido, embora nalguns casos de preço reduzido, pode apresentar problemas no que respeita ao seu escoamento: a retracção do mercado que parece ser o mais adequado para este produto - a vinicultura, bem como o facto de este tipo de composto incorporar algumas impurezas (pedaços de vidro ou de plástico) ou ser contaminado por metais pesados (provenientes de pinturas, tintas ou pilhas).

2.3. Incineração com recuperação de energia

A incineração com recuperação de energia é, a nível mundial, o procedimento mais generalizado de valorização energética dos lixos urbanos.

Em países como a França e a Alemanha cerca de 30% dos resíduos sólidos urbanos recolhidos são incinerados.

Os fornos de incineração podem ser rotativos ou possuir grelhas mecânicas (planas rotativas ou vibratórias inclinadas) e devem ser particularmente resistentes à abrasão (provocada por certo tipo de resíduos) e à corrosão (provocada pelas escórias e fumos resultantes da combustão).

A temperatura dos gases na câmara de combustão deve situar-se entre os 750 e 950°C.

Para evitar grandes amplitudes térmicas, que poderão acelerar a deterioração da fornalha, deve recorrer-se a queimadores auxiliares, os quais utilizando um combustível de apolo, regularizam o débito e a pressão do fluido térmico produzido, devendo funcionar igualmente na fase de arranque da instalação.

Qualquer que seja o sistema de queima escolhido, a variação dos diversos parâmetros ligados ao funcionamento do mesmo (velocidade de accionamento das grelhas, controlo dos caudais de ar primário e secundário) deve responder eficazmente às oscilações, quer na qualidade (teor de humidade, poder calorífico...) quer na quantidade (ritmo de chegada dos lixos).

Os lixos recebidos na estação de incineração são descarregados numa fossa de recepção, na qual deverá ser mantido permanentemente um " stock tampão " de pelo menos um dia de recolha de modo a que o operador do gancho de garras de alimentação das fornalhas possa misturar bem os lixos e

introduzir, de cada vez, uma carga relativamente uniforme.

Esta fossa de recepção deve igualmente permitir a acumulação de um "stock" de lixos que possa compensar os dias em que não há recolha.

O poder calorífico inferior dos lixos domésticos varia em média entre 1200 e 2500 kcal/kg.

O respectivo teor de humidade está, em geral, compreendido entre os 25 e 40% sendo superior nos meios urbanos, (relativamente aos rurais) e, naturalmente, no inverno. Os lixos recolhidos em lixeiras possuem um teor de humidade superior aos lixos verdes. Refira-se que por cada 1% de diminuição da humidade dos lixos, o seu poder calorífico aumenta de 50 kcal/kg.

O teor de humidade dos lixos aconselhável à entrada da fornalha não deve ser superior a 15%.

A queima mista de resíduos industriais com os urbanos pode ser efectuada desde que aqueles sejam não tóxicos e possuam características similares aos segundos.

Como os resíduos industriais possuem, em geral, poderes caloríficos bastante mais elevados que os resíduos domésticos (de 5000 kcal/kg para o P.V.C. a 11000 kcal/kg para o polietileno), a sua incineração, quando convenientemente misturados e em proporções razoáveis, melhora o rendimento térmico da combustão, com redução do teor de não queimados e de escórias. Porém, se a mistura for mal efectuada ou se a quantidade de resíduos industriais for elevada, a fornalha poderá ficar sujeita a cargas térmicas excessivas. Por tais razões a percentagem de resíduos industriais a incinerar em simultâneo com os lixos domésticos não deve ultrapassar, em caso algum, os 10 a 15% de massa de resíduos total.

O objectivo principal de uma estação de tratamento de lixos é a eliminação ou a redução dos mesmos (os resíduos finais resultantes da incineração dos lixos urbanos representam 10% em volume e 25% em peso das respectivas quantidades iniciais).

A rentabilidade económica de cada processo de eliminação dos resíduos domésticos deve ser analisada caso a caso.

A título indicativo, pode referir-se que uma estação de incineração simples de lixos é " *a priori* " rentável a partir de uma quantidade diária mínima de 20 toneladas incineradas. Este valor sobe para 200 toneladas diárias se for efectuada a recuperação de energia (50 000 toneladas/ano para 250 dias de recolha, o que corresponde a uma população de cerca de 180 000 habitantes).

A condução de uma estação de incineração de lixos com recuperação de energia constitui um problema delicado que, requerendo cuidados especiais, deve ser confiada a pessoal técnico devidamente qualificado.

Como não se conhece com exactidão a qualidade dos lixos

Introduzidos na fornalha em cada carga, deve poder actuar-se sobre os caudais de ar fresco ou pré-aquecido bem como regular o débito dos lixos através do controlo da velocidade de accionamento das grelhas mecânicas. Deve igualmente controlar-se constantemente a temperatura dos gases de fumo.

Uma paragem do forno incinerador para reparação acarreta uma imobilização em geral não inferior a quatro dias (de um a dois dias para baixar a temperatura do forno, um dia para o trabalho em causa e um dia para a temperatura do forno atingir os níveis normais de funcionamento).

Assim, para aumentar a vida dos equipamentos e evitar este tipo de contratempo, deve ter-se particular atenção aos objectos passíveis de provocar a obstrução das linhas, o bloqueamento das grelhas, os efeitos abrasivos e a corrosão (por altas ou baixas temperaturas) dos materiais em contacto com o lixo, e com os seus efluentes (cinzas e gases).

No sentido de se reduzir o perigo de ocorrência de explosões devem remover-se, antes da incineração, os materiais potencialmente perigosos e evitar a sua manipulação.

Devem evitar-se as deposições excessivas, em determinados locais, de cinzas e fuligens.

Nos locais onde o risco de explosão seja maior, deve prevenir-se a instalação de painéis de segurança que poderão minorar os efeitos destrutivos de uma explosão.

3. PRECAUÇÕES RELATIVAS À RECUPERAÇÃO DE ENERGIA

A recuperação da energia é feita, na maior parte dos casos, através da utilização de parte da energia contida nos fumos, a qual permite a produção de fluidos intermediários transportadores de calor: o vapor (saturado ou sobreaquecido) ou a água sobreaquecida.

A incineração de cada tonelada de lixo doméstico permite, em regra, a produção de 1,5 a 2 toneladas de vapor (a 20 bar e a 300° C).

A água sobreaquecida ou o vapor saturado (pressão em geral compreendida entre 12 e 25 bar) destina-se, na maior parte dos casos (quer na Europa, quer nos Estados Unidos), a fornecer calor à rede de aquecimento urbano ou a estabelecimentos colectivos: hospitais, piscinas...

No entanto, devido à sazonalidade da procura de energia, mesmo considerando o consumo de águas quentes sanitárias no verão, somente de 50 a 70% da energia total produzida é efectivamente utilizada.

No caso da produção de vapor sobreaquecido (pressão entre 35 e 90 bar), este pode ser utilizado para gerar energia eléctrica por cogeração (com produção combinada de vapor saturado para o

processo) ou isoladamente. A energia eléctrica produzida pode ser autoconsumida ou vendida à rede pública. Este processo poderá ser rentável para produções de vapor superiores a 16 toneladas/hora.

Dado que a quantidade de energia a produzir pela incineração dos lixos é previsível, há que verificar cuidadosamente se essa capacidade de produção pode ou não adaptar-se, com sucesso, à eventual procura da mesma. Se por um lado o lixo se pode acumular, a energia que é produzida, não.

Assim sendo, a solução ideal será a de fornecimento da energia produzida à indústria já que esta proporciona uma procura mais regular ao longo do ano.

Um bom exemplo, é o da indústria cimenteira. Cerca de 20 a 40% do preço do cimento resulta de encargos com a energia. Um forno de cimento, apresenta a vantagem, de que o clínquer retém eficazmente certos poluentes produzidos pela combustão dos resíduos (75 a 95% de enxofre, uma taxa superior a 95% de metais pesados e quase 100% de cloro).

Na situação de venda de energia à indústria, deve prever-se o recurso a sistemas de queima alternativos (nafta, por exemplo) já que, na maioria dos casos, a quantidade de calor a fornecer é estabelecida por contrato. Outra possibilidade é a de que o consumidor se comprometa a produzir a energia complementar de que necessita. Assim se salvaguardam prejuízos decorrentes de paragens imprevistas ou da diminuição da produção (devidas à sazonalidade, avarias ou greves ...).

Outras indústrias passíveis de utilizar, nos seus processos de fabrico, o vapor gerado em unidades de incineração de lixos com recuperação de energia, são: indústrias do sector agroalimentar (lactícínios, alimentos para bebé), conservas (de peixe, frutas e outras), indústria têxtil, cerâmica industrial (secagem de tijolos), indústrias químicas e farmacêutica, hospitais (em particular no sector de lavandaria).

Em resumo, as possibilidades de escoamento da energia produzida são várias:

- aquecimento e processo industrial (solução mais comum nas instalações mais recentes construídas em França)
- aquecimento urbano, com ou sem produção de água quente sanitária
- produção de electricidade em cogeração ou isolada
- combinação destas várias possibilidades.

Por exemplo, em França, a quantidade de resíduos valorizada equivale a 650.000 T.E.P., das quais 200.000 T.E.P. são dissipadas na atmosfera, através de aerocondensadores, por falta de comprador. Das 450.000 T.E.P. aproveitadas, 370.000 T.E.P. (82%) são vendidas sob a forma de vapor, água sobreaquecida ou água quente, 45.000 T.E.P. (10%) são autoconsumidas sob a forma de vapor ou água sobreaquecida e 400.000 MWh (8%) são comercializados ou autoconsumidos sob a forma de electricidade.

4. GESTÃO E EXPLORAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DOS LIXOS URBANOS

4.1. Tipos de Gestão

Qualquer processo que permita obter benefícios económicos a partir dos resíduos sólidos domésticos conduz a uma diminuição dos custos relativos ao tratamento dos mesmos.

Estes custos correspondem às fases de recolha e de transporte bem como ao tratamento final a dar aos lixos (sem esquecer o investimento inicial em equipamentos e em espaço, o qual é, em geral, bastante elevado).

Os objectivos principais a que deve presidir a selecção do método final de tratamento dos lixos devem ser os seguintes: eliminação do perigo para a Saúde Pública, protecção do meio ambiente, optimização dos espaços disponíveis e redução dos custos de manipulação e tratamento dos resíduos.

Tendo estes pressupostos em consideração e uma vez que os processos considerados como mais eficazes são aqueles que apresentam custos mais elevados, há que procurar extrair o máximo benefício económico dos resíduos sólidos com que os municípios se vêem confrontados.

Tendo em conta as quantidades crescentes de lixos domésticos produzidos (que têm que ser recolhidos e processados) um dos mecanismos possíveis de actuação é o da desincentivação da produção dos resíduos: taxa de recolha de lixos proporcional às quantidades de lixos produzidos (este sistema revela-se, contudo, pouco eficaz), imposição de consignação para certo tipo de embalagens ...

Outra possibilidade de actuação consiste na reciclagem de alguns dos materiais contidos nos lixos e na valorização dos resíduos sólidos excedentes (por compostagem ou por recuperação energética).

Os benefícios resultantes da venda dos recicláveis bem como da venda ou da economia de energia, diminuem os custos do tratamento, tornando processos eficazes mas dispendiosos em processos economicamente interessantes.

A incineração dos resíduos domésticos com recuperação de energia necessita a implementação de um processo do qual constam quatro fases: a recolha dos lixos (a qual engloba o transporte até à estação de incineração), a incineração, a recuperação de calor e a distribuição deste calor.

Se bem que o controlo do serviço público de eliminação dos resíduos sólidos domésticos seja da exclusiva responsabilidade dos municípios, a gestão do mesmo pode ser confiada, no todo ou em parte, a empresas privadas. Para tal podem ser contratados diversos operadores que podem agir sob formas de gestão diferentes para cada uma das fases referidas.

Vários tipos de gestão são possíveis:

— Administração (gestão directa). No regime de administração, a colectividade realiza todos os investimentos necessários à implantação da estação de incineração, sendo o funcionamento da mesma assegurado por empregados municipais. No caso da administração simples o serviço não possui qualquer autonomia relativamente à municipalidade, sendo financiado pelo orçamento municipal ou através de tarifas de lixo eventualmente complementadas por uma taxa especial para comerciantes. Em certos casos o serviço pode ter autonomia jurídica ou financeira.

— Gestão mista (contrato de exploração). No regime de gestão mista, os investimentos são realizados pela autarquia. Embora conservando o controlo, a municipalidade subcontrata o serviço, global ou parcialmente, ao sector privado. A empresa seleccionada em concurso público compromete-se a realizar um certo número de prestações, sendo por elas remunerada por parte da autarquia.

Não existe qualquer elo financeiro entre a empresa executora do serviço e os utentes do mesmo (municípios).

— Concessão de exploração (gestão indirecta). Neste regime, a colectividade realiza os investimentos mas confia a execução do serviço ao sector privado.

A empresa gestora recebe, directamente da parte dos utentes, uma taxa de recolha de lixos, proporcional ao serviço prestado. Desta taxa, uma parte reverte para a colectividade a fim de amortizar os investimentos.

Uma vez que a referida taxa é única, a parte - "recolha" é inseparável da parte - "tratamento" - pelo que o contrato se estende obrigatoriamente à globalidade do serviço.

Os ganhos referentes à comercialização da energia recuperada podem ser parcialmente afectados ao município.

— Concessão total (gestão indirecta). A concessão total é um tipo de contrato administrativo pelo qual uma sociedade privada recebe a missão de gerir o serviço público e de realizar os investimentos necessários à execução do mesmo. No final do contrato os equipamentos ficam propriedade da autarquia.

O concessionário recebe o pagamento de uma taxa, directamente dos utentes. O contrato é igualmente estendido à globalidade do serviço.

O concessionário comercializa o calor recuperado sendo-lhe destinadas, global ou parcialmente, as verbas correspondentes.

No caso de haver vários concessionários, o contrato pode prever a compra do calor bruto fornecido pelo concessionário da parte incineração.

Em França as formas de gestão indirectas e mistas são predominantes. Em 75% dos casos os operadores privados encontram-se associados às autarquias.

A presença do sector privado torna-se ainda mais evidente quando estes resultados se referem à população servida ou às quantidades de resíduos tratados: cerca de 90% da massa de resíduos sólidos são incinerados em fornos explorados por empresas privadas, abrangendo cerca de 80% da população.

Pode ainda referir-se que em 70% das associações jurídicas de gestão dos sistemas do tratamento de resíduos, o operador e a forma de gestão são os mesmos para a globalidade da exploração (incineração - recuperação - distribuição: electricidade e calor). Os outros casos resultam geralmente duma escolha diferente para a componente de distribuição de energia.

4.2. Regime de funcionamento

Em França, no que respelta ao regime de funcionamento das estações de incineração com recuperação de energia, existem diferentes situações:

— funcionamento contínuo (24h por dia e 7 dias por semana) - 68% das instalações - capacidade nominal média - 18,4 toneladas/hora

— funcionamento semi-contínuo (24h mas com paragem semanal) - 15% das instalações - capacidade nominal média - 3,8 toneladas/hora

— funcionamento descontínuo (paragem diária e semanal) - 17% das instalações - capacidade nominal média - 2,2 toneladas/hora.

Em geral, 90% das instalações com capacidade de tratamento de lixos inferior a 4 toneladas/hora funcionam em regime descontínuo ou semi-contínuo.

Neste país, o número de freguesias que alimentam uma mesma central de incineração com recuperação de calor varia entre um mínimo de 7 e um máximo de 180, sendo a média global de 39 freguesias.

Relativamente à distância da freguesia mais afastada ao centro de tratamento, esta varia entre 5 km e 70 km, sendo a média global de 31 km.

4.3. Pessoal necessário à operação duma instalação

Refere-se em seguida o número de funcionários necessários ao funcionamento duma central de incineração de lixos com recuperação de energia. Não se incluem, nem pessoal administrativo, nem quadros superiores.

	pessoal fixo	pessoal por turno
operários		
não qualificados	2 ou 4	2

operários qualificados	2 ou 3	2
contramestres	1	1

4.4. Custos dos diversos processos de tratamento dos lixos

Indicam-se de seguida alguns valores aproximados relativos aos custos do tratamento de resíduos sólidos urbanos em França.

O preço relativo à colecta (função da localização, distância e facilidade de acesso ao centro de tratamento) pode variar entre 5000\$00 e 8000\$00 por tonelada de lixo recolhido.

Relativamente aos diversos modos de tratamento tem-se

— descarga não controlada:

0 a 800\$00 por tonelada

— descarga controlada (tradicional ou compactada):

1000\$00 a 2000\$00 por tonelada

— descarga controlada com trituração:

3500\$00 a 4000\$00 por tonelada

— compostagem:

4000\$00 a 6000\$00 por tonelada

— incineração com recuperação de energia:

3000\$00 a 5000\$00 por tonelada.

5. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

5.1. Qualidade dos efluentes

Os gases de fumo contêm resíduos nocivos (condensados ou gasosos) cuja disseminação na atmosfera se torna necessário evitar.

A incineração de um produto aparentemente pouco nocivo como o papel, pode libertar até 380 mg de cloro por m³ de gases de fumo. No caso dos plásticos, este valor aumenta, podendo ainda surgir percentagens mais elevadas de chumbo, cádmio e enxofre. As matérias orgânicas apresentam igualmente teores elevados de chumbo e de mercúrio.

Na maioria das instalações de incineração actualmente em serviço, procede-se exclusivamente ao despoejamento dos gases de fumo. Os dispositivos de despoejamento de utilização mais comum neste tipo de unidades são os electrofiltros que, apesar do custo elevado, apresentam como principais vantagens a possibilidade de funcionamento eficaz a temperaturas elevadas e a reduzida perda de carga que introduzem. Nalguns casos, um

certo teor de humidade melhora a eficácia dos electrofiltros.

5.2. Directivas comunitárias

No sentido de regulamentar a qualidade dos efluentes, as recentes directivas comunitárias de 21 de Junho de 1989 relativas à redução da poluição atmosférica proveniente das instalações novas (89/369/CEE - vide Tabela 1) e já existentes (89/429/CEE) de incineração dos resíduos municipais estabelecem os valores limites de emissão não só de poeiras mas também de metais pesados (chumbo, cádmio ...), ácido clorídrico e fluorídrico assim como de dióxido de enxofre.

Os valores dos limites de emissão relativas à directiva comunitária indicados na Tabela 1 referem-se a uma temperatura de 273K, a uma pressão de 101,3 KPa e a 11% de O₂ ou a 9% de CO₂ nos gases de fumo secos.

Para débitos de incineração de lixo superiores a 1 tonelada/hora, os teores de poeiras, de CO, O₂ e HCl devem ser registados em contínuo, sendo os teores de metais pesados, de HF e de SO₂ quantificados periodicamente.

De igual modo, as normas comunitárias impõem a instalação de queimadores de ponta os quais devem arrancar caso a temperatura dos gases de fumo desça abaixo dos 850°C.

Polluant	inférieure à 1 tonne par heure	de 1 tonne par heure à moins de 3 tonnes par heure	3 tonnes par heure et plus
Poussières totales	200	100	30
Métaux lourds			
— Pb + Cr + Cu + Mn	—	5	5
— Ni + As	—	1	1
— Cd et Hg	—	0,2	0,2
Acide chlorhydrique (HCl)	250	100	50
Acide fluorhydrique (HF)	—	4	2
Anhydride sulfureux (SO ₂)	—	300	300

Tabela 1 . Directiva Comunitária - Valores limites de emissão (mg/Nm³) em função da capacidade nominal da instalação de incineração

Na Tabela 2 são comparados, a título de exemplo, os teores

de algumas das substâncias contidas nos gases de fumo, antes e depois de um tratamento eficaz, no caso da Central de incineração de lixos domésticos de Massy, França (11 toneladas de lixos incinerados por hora):

	Antes	Depois
Poeiras [mg/Nm ³]	500 - 7000	9 - 20
Pb + Cr +Cu +Mn [mg/Nm ³]		1 - 2
Ni + As [mg/Nm ³]		< 1
Cd +Ng [mg/Nm ³]	0,7 - 3,1	0,03 a 0,09
HCl [mg/Nm ³]	2000 - 4000	5 - 10
HF [mg/Nm ³]	20-50	0,2 - 0,7
SO ₂ [mg/Nm ³]	300 - 2000	6 - 110

Tabela 2. Valores de emissão da estação de Massy

5.3. Métodos de tratamento dos efluentes

Uma combustão completa dos produtos (gasosos e condensados) resultantes da incineração dos lixos domésticos torna mais eficaz e económico o tratamento a efectuar posteriormente aos gases de fumo.

Uma temperatura de gases da ordem dos 1000°C elimina quase por completo os clorohidrocarbonetos assim como outros elementos tóxicos.

Um controlo eficaz da temperatura na câmara de combustão permite igualmente manter a emissão dos óxidos de azoto a níveis aceitáveis.

A composição química dos diversos componentes dos lixos urbanos provoca ainda o aparecimento de ácido clorídrico, de óxidos de enxofre bem como metais pesados e fluoretos nos gases de fumo.

A retenção de metais pesados (mercúrio, cádmio e crómio) pode ser efectuada arrefecendo os gases de fumo até cerca de 150°C, o que provoca a condensação destes metais e a sua aglomeração a outras matérias em suspensão, sendo posteriormente retidos nos despoeiradores. Deve ter-se a precaução de manter a temperatura dos gases de fumo constantemente acima do ponto de condensação ácida para evitar corrosão por baixas temperaturas.

Descrevemos de seguida diversos processos de controlo da emissão dos gases ácidos.

No processo de lavagem húmida, a redução dos gases ácidos é realizada pela pulverização, na corrente dos gases de fumo, previamente despoeirados, de uma solução aquosa de cal ou de carbonato de cálcio.

Este processo provoca a queda de temperatura dos gases de fumo abaixo do ponto de condensação do vapor de água, o que originaria o aparecimento de uma pluma visível. Para o evitar é

necessário reaquecer posteriormente os gases de fumo.

O principal inconveniente deste processo é a produção abundante de resíduos líquidos contaminados que têm que ser convenientemente tratados antes de serem descarregados.

O processo chamado de semi-seco consiste em injectar, na corrente dos gases de fumo, antes do despoetramento, leite de cal finamente dividido, o qual reage com os gases ácidos. A água evapora completamente e os resíduos sólidos da reacção mantêm-se em suspensão, misturados com as cinzas volantes, sendo posteriormente retidos. Caso se utilizem filtros de mangas, a reacção química, $\text{CaO/SO}_2 + \text{SO}_3$ pode prosseguir no elemento filtrante.

Depois do tratamento, a temperatura dos gases de fumo mantém-se na ordem dos 130, 140°C, pelo que não é necessário proceder ao seu reaquecimento.

O investimento inicial é, para este processo, inferior ao da lavagem húmida. No entanto, o consumo de composto de cálcio é superior e a eficácia do método é cerca de 5 a 10% inferior ao caso anterior.

Os resíduos obtidos, misturados com cinzas volantes, dificilmente podem ser utilizados no fabrico do gesso, podendo contudo ser utilizados na indústria cimenteira ou no fabrico de gravilha de alta resistência.

No processo seco pode utilizar-se hidróxido de cálcio, o qual é pulverizado seco num reactor antes do despoetramento.

Este reage com os gases ácidos formando produtos sólidos da reacção que são retidos em filtros electrostáticos ou em filtros de mangas.

Este processo provoca uma pequena queda de temperatura dos gases de fumo pelo que uma eficiência energética global superior pode compensar o aumento significativo do consumo de compostos de cálcio relativamente aos processos anteriormente descritos.

Os efluentes sólidos resultantes da incineração dos lixos domésticos são principalmente a escória e as cinzas, às quais se juntam, em certos casos, os resíduos sólidos de lavagem dos fumos.

A escória (de 20 a 25% da massa inicial de lixo) pode ainda conter produtos eventualmente recuperáveis (vidro e metais não ferrosos) os quais podem ser separados após a descarga da escória.

A escória restante é, nalguns casos, reutilizada na subpavimentação de estradas ou como matéria-prima sintética.

As cinzas volantes, retidas nos filtros (cuja massa pode atingir 3% da massa inicial de lixo) apresentam-se fortemente contaminadas (podem apresentar teores de chumbo na ordem de 1%) devendo por isso ser recolhidas separadamente e armazenadas com precauções especiais podendo ser nalguns casos utilizadas como aglomerantes no cimento (desde que não

sejam postas em contacto com superfícies metálicas).

6 - CONCLUSÃO

Actualmente a recolha de lixos pode ser considerada satisfatória, o mesmo não se podendo dizer acerca do destino final dos resíduos sólidos urbanos.

Devido às suas características actuais, a eliminação dos lixos domésticos constitui um dos mais importantes desafios da nossa época, sendo a protecção do ambiente e a diminuição dos espaços por eles ocupados objectivos prioritários a atingir.

Os resíduos sólidos domésticos representam uma matéria-prima importante, bastando para tal que os lixos sejam valorizados: ou por reciclagem (com economia de matéria-prima base) ou por incineração com recuperação de energia.

Qualquer destas soluções conduz a uma importante economia de energia.

Se bem que a eliminação dos resíduos sólidos urbanos seja da responsabilidade dos municípios, a sua gestão pode ser confiada, total ou parcialmente, a empresas privadas que possuam comprovada experiência neste domínio. Esta solução apresenta, em geral, inúmeras vantagens.

Contudo, no que respeita à implementação de unidades de incineração com produção de energia, impõe-se, antes de tomar qualquer decisão definitiva: um rigoroso estudo prévio sobre a rentabilidade das mesmas, nomeadamente o encontrar mercado para energia produzida (quer se encontre sob a forma de vapor ou de energia eléctrica) assim como um estudo profundo do impacto ambiental dessas centrais.