

CO-INCINERAÇÃO EM FORNOS DE CIMENTEIRAS. ANÁLISE DE CASO

Maria José Brenhas

Engenheira do Ambiente
Faculdade de Ciência e Tecnologia - UFP
16678@ufp.edu.pt

Rosário Machado

Engenheira do Ambiente
Faculdade de Ciência e Tecnologia- UFP
17462@ufp.edu.pt

Maria Alzira Dinis

Mestre Assistente
Centro de Investigação em Alterações Globais,
CIAGEB, Faculdade de Ciência e Tecnologia - UFP
madinis@ufp.edu.pt

Nelson Barros

Professor Associado
Centro de Investigação em Alterações Globais,
CIAGEB, Faculdade de Ciência e Tecnologia - UFP
nelson@ufp.edu.pt

COMO REFERENCIAR ESTE ARTIGO: BRENHAS, Maria José [et al.]. - Co-incineração em fornos de cimenteiras. Análise de caso. **Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia**. Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa. ISSN 1646-0499. 6 (2009) 82-94.

RESUMO

Com o objectivo de conhecer o processo da co-incineração, foram realizadas visitas ao Sistema Integrado de Tratamento e Eliminação de Resíduos, SA (SISAV), na Chamusca, e à CIMPOR, em Souselas. Pode concluir-se que o tratamento das emissões gasosas, principal questão conflituosa associada à co-incineração, não difere substancialmente daquele realizado nas instalações onde se procede à queima de combustíveis fósseis, excepto no tocante à instalação de algum equipamento adicional. Não podendo afirmar-se que se trate da solução ideal para a eliminação dos resíduos perigosos, apresenta vantagens como seja o aproveitamento de instalações pré-existentes, ao mesmo tempo que se minimiza a utilização de energia não renovável.

PALAVRAS-CHAVE

Co-incineração, indústria cimenteira, emissões atmosféricas, pré-tratamento de resíduos

ABSTRACT

Aiming to understand the co-incineration process, the Sistema Integrado de Tratamento e Eliminação de Resíduos, SA (SISAV), in Chamusca, and the CIMPOR, in Souselas, both in Portugal, were the two facilities visited to that purpose. It is possible to conclude that the treatment of atmospheric emissions, the main concern associated to conflicts in co-incineration, does not substantially differ from the one used in facilities where fossil fuel is burnt, except in what concerns to some additional equipment that must be installed. Though it is not possible to state that this is the ideal solution to solve the hazard waste problem, it has advantages such as the use of pre-existing facilities and, at the same time, the use of non-renewable energy sources is minimized.

KEYWORDS

Co-incineration, cement industry, atmospheric emissions, pre-treatment of wastes

1. INTRODUÇÃO

Em Junho de 2008 a unidade cimenteira da CIMPOR, em Souselas, deu início ao processo de co-incineração ao fim de 20 anos de conflitos que opuseram populações e organizações ambientalistas contra o poder político (Matias, 2004). Esta divisão veio a culminar muito recentemente, em Fevereiro de 2009, com a decisão de suspensão do processo de co-incineração, proferida pelo Tribunal Central Administrativo do Norte (RTP, 2009).

Este é um assunto que divide a comunidade científica. Se, por um lado, a decisão do poder político foi tomada tendo por base o parecer favorável de alguns cientistas, outros afirmam que tais unidades constituem uma ameaça para o ambiente e para a saúde das populações (Carvalho, 2004).

Mas afinal o que é a co-incineração? Que tipo de resíduos podem ser co-incinerados em Souselas? Quais as emissões atmosféricas associadas ao processo? A Agência do Ambiente do Reino Unido (EAUK, 2004) define as instalações de co-incineração como sendo instalações onde é conseguida a valorização energética dos resíduos perigosos como fonte de energia principal ou adicional. Gomes e Dinis (2005) referem, também, o aproveitamento destes resíduos como matéria-prima, uma vez que as cinzas são incorporadas no produto final.

Com o objectivo de reduzir ao máximo os efeitos adversos na saúde humana causados pelas emissões para o ar, solo e água dos processos de incineração e co-incineração, a Directiva 2000/76/EC, de 4 de Dezembro, veio regulamentar o funcionamento destas unidades e fixar valores limite de emissão (VLE). O Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril, que transpõe para o direito interno a Directiva 2000/76/EC, específica, no seu artigo 20º, que a co-incineração de resíduos perigosos com um teor superior a 1% de substâncias orgânicas halogenadas, expressas em cloro, deve atingir uma temperatura de 1100 °C, durante, pelo menos, dois segundos. Existem várias indústrias que podem atingir estas temperaturas, como é o caso da indústria cimenteira, indústria cerâmica e indústria metalúrgica (Basel Convention - Technical Guidelines on Incineration on Land, 2004).

Muitos resíduos possuem alto teor de humidade, de cinzas e baixo poder calorífico, o que limita a sua aplicabilidade para co-incineração ou a percentagem de substituição do combustível principal (Ottoboni *et al.*, 1998). As características dos resíduos devem ser adaptadas ao tipo de processo onde vão ser utilizados, devendo estes ser homogeneizados de modo a garantir um poder calorífico inferior (PCI) consistente. É igualmente importante limitar o conteúdo de certas substâncias como o cloro ou o fósforo que poderão prejudicar a qualidade do clínquer ou que poderão produzir emissões a concentrações indesejáveis (IFEU, 2008).

A co-incineração de resíduos industriais perigosos (RIPs) em cimenteiras realiza-se em Portugal, nomeadamente na SECIL, em Outão, que possui uma capacidade instalada de 40 000 t.ano⁻¹ de lamas oleosas e 12 000 t.ano⁻¹ de óleos usados (SECIL-RNT, 2007).

Para melhor entender o processo de co-incineração em fornos da indústria cimenteira e as suas implicações foi realizada em Novembro de 2008 uma visita às instalações da CIMPOR, em Souselas. Uma vez que os RIPs são previamente tratados num Centro Integrado de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos (CIRVER), foi também realizada na mesma altura uma visita às instalações de um destes centros, o SISAV, na Chamusca. Assim, para

além de focar as emissões para a atmosfera e as vantagens e desvantagens do processo de co-incineração, este trabalho descreve as operações realizadas na CIMPOR e SISAV neste domínio, tendo por base as observações e informações facultadas, assim como as Licenças Ambientais (LA) destas unidades.

2. A CO-INCINERAÇÃO

A co-incineração em fornos de indústria de cimento é uma tecnologia eficaz para a destruição de RIPs pelo facto de a combustão ser caracterizada por elevadas temperaturas, longos tempos de residência e altos níveis de turbulência, originando a formação de uma mistura homogénea (Giannopoulos *et al.*, 2006). De facto, nestes fornos consegue-se a destruição completa dos componentes tóxicos dos resíduos uma vez que estes são sujeitos, a temperaturas da ordem dos 1200 a 2000 °C, durante mais do que 2 segundos (Ottoboni *et al.*, 1998). Há já alguns anos que se co-incineram resíduos de óleos e pneus usados nas instalações de produção de cimento. Nos últimos dez anos tem-se assistido a um aumento desta prática e prevê-se que a mesma continue a aumentar (Conesa *et al.*, 2008).

2.1. O PRÉ-TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

O impacte produzido por um resíduo no processo de co-incineração é determinado pelo modo como as suas propriedades diferem das do combustível principal. As principais propriedades físico-químicas que influenciam a sua qualidade como combustível são essencialmente: *i)* o valor calorífico; *ii)* o conteúdo em cinzas; *iii)* o conteúdo em água; *iv)* o conteúdo em matéria volátil e *v)* a composição química, em especial o conteúdo em carbono, hidrogénio, oxigénio, azoto, enxofre, fósforo, cloro, flúor, mercúrio e outros metais pesados (BREF LCP, 2006). Por esse motivo torna-se importante não só seleccionar o tipo de resíduo que é apropriado para co-incinerar, como prepará-lo de modo a que cumpra os requisitos necessários para o processo a que se destina. Alguns combustíveis líquidos podem ser preparados misturando diferentes tipos de resíduos que possuem elevado poder calorífico. A sua alimentação ao processo pode ser realizada separadamente do combustível principal, ou pode ser feita misturando-o com este. Alguns resíduos líquidos, como óleos, necessitam de pré-tratamento de separação e desidratação para remoção de sedimentos e água (BREF WT, 2006). O pré-tratamento contempla a separação de fases por decantação, fragmentação ou trituração, mistura apropriada, impregnação de lamas em serradura, etc. O objectivo destas operações é permitir o manuseamento dos resíduos no processo industrial e transformá-los num composto homogéneo, com características químicas e físicas que os habilitam para a utilização como combustíveis, e ao mesmo tempo proporcionam matérias-primas minerais para as cimenteiras. Um dos requisitos que os resíduos devem satisfazer, após o pré-tratamento, é o de possuírem uma capacidade calorífica média de 15 MJ.kg⁻¹, sendo que 20% do total deve possuir uma capacidade calorífica de 25 MJ.kg⁻¹ (Formosinho *et al.*, 2000).

2.2. AS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

A substituição parcial dos combustíveis tradicionais pode acarretar variações na emissão de poluentes como consequência da alteração na composição do combustível e, eventualmente, do processo de combustão (Giannopoulos *et al.*, 2007). Devido à combustão

incompleta, a queima de RIPs produz emissões gasosas como dioxinas e furanos, assim como de metais pesados, devendo por isso ser sujeita a uma monitorização cuidada (Basel Convention - Technical Guidelines on Incineration on Land, 2004). Contudo, se a eficiência de combustão atingir 99,99%, os níveis de emissão de poluentes serão baixos e a saúde pública e o ambiente não serão afectados. Nos fornos de cimenteiras é possível atingir estas eficiências, uma vez que operam a temperaturas acima de 1200 °C, com um tempo de exposição de gases de 4 segundos (Ottoboni *et al.*, 1998). Recorda-se que os valores referidos no Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril, são 1100 °C durante 2 segundos, garantindo-se assim a temperatura e tempo necessários para alcançar eficiências elevadas de combustão. Segundo Karstensen (2007), há menos de 10 anos atrás acreditava-se que a indústria cimenteira era a maior responsável pelas emissões para a atmosfera de dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDDs) e dibenzofuranos policlorados (PCDFs). No entanto, e baseando-se na análise de dados de emissões destas indústrias, concluiu que a sua contribuição para a emissão de PCDDs e PCDFs é inferior a 1% do total das emissões. Por outro lado, de acordo com Loo (2008), reduzir a temperatura a níveis inferiores a 200 °C à entrada do equipamento de controlo de poluição do ar é o factor chave para limitar a formação de dioxinas.

Um dos maiores riscos existentes nas emissões dos fornos de cimento é o teor em metais pesados, cujas fontes podem ser tanto as matérias-primas como o combustível utilizado. Podem-se distinguir três classes de metais pesados (Conesa *et al.*, 2008): *i*) os não ou pouco voláteis (As, Be, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Sb, Se, Te, V e Zn), que praticamente não ocorrem nas emissões porque são quase 100% incorporados no clínquer; *ii*) os semi-voláteis, como o Tl, Pb e Cd, que não são completamente incorporados no clínquer, sendo a parte remanescente quase completamente adsorvida na superfície de partículas emitidas e *iii*) os voláteis, que não ficam agregados nas partículas. O exemplo mais relevante deste último grupo é, na indústria cimenteira, o Hg, que é emitido no estado gasoso e pode ser retido em filtros de carvão. Quanto mais baixa a temperatura à entrada do filtro, maior é a quantidade de Hg que fica agregada às partículas podendo assim ser removido dos gases de exaustão.

As emissões de NO_x são favorecidas pelas altas temperaturas e elevados tempos de residência existentes nos fornos de cimento, quer se utilizem combustíveis convencionais quer alternativos (incluindo RIPs). São de esperar também emissões de CO e COVs resultantes da combustão incompleta. Para além destes poluentes, há ainda a considerar as emissões de SO_x, que podem ser significativas quando se utiliza carvão como combustível principal, bem como de partículas (Giannopoulos *et al.*, 2007).

Nas instalações de produção de cimento as emissões são evitadas através do controlo de parâmetros de funcionamento das diversas unidades, bem como por sistemas de tratamento dos efluentes atmosféricos finais. Estes são sistemas de despoeiramento, uma vez que as partículas são consideradas o maior causador de impacte em termos de poluição atmosférica. Existem três tipos diferentes de sistemas de tratamento: ciclones, precipitadores electrostáticos e filtros de mangas. Os ciclones são utilizados para remover as partículas de maior dimensão, sendo pouco eficientes na remoção de partículas de diâmetro inferior a 5-10 µm. Por este motivo, este é um sistema de despoeiramento em desuso, tendo sido substituído pelo precipitador electrostático, onde as partículas são removidas devido à criação de uma elevada diferença de potencial (Formosinho *et al.*, 2000). A eficiência de recolha para estes equipamentos é da ordem dos 99,9%. Os precipitadores electrostáticos são particularmente eficazes na recolha de partículas de pequenas dimensões, podendo também capturar emissões de metais pesados com eficiências de 99% (Antunes *et al.*, 2000). Na fase

de arranque ou paragem, ou quando existem picos de CO durante o processo, o precipitador electrostático é automaticamente desligado, podendo provocar a saída incontrolada de poeiras para a atmosfera. O precipitador é desligado devido à possibilidade de inflamação do CO quando este atravessa o seu campo eléctrico. Este é um dos motivos pelos quais também os precipitadores electrostáticos estão, por sua vez, a ser substituídos por filtros de mangas (Formosinho *et al.*, 2000), ou a ser utilizados como complemento, como acontece na CIMPOR, recolhendo as partículas com uma eficácia de remoção de 99,9%. A sua eficiência na remoção de metais pesados, tais como sejam o As, Cd, Cr, Pb e Ni também é elevada, da ordem dos 90% (Antunes *et al.*, 2000).

O tratamento das emissões gasosas produzidas por uma instalação de combustão onde se realize a co-incineração não difere do das instalações onde apenas se proceda à queima de combustível fóssil. Contudo, dependendo das propriedades do RIP, em especial do conteúdo em metais pesados (como o Hg) adoptam-se medidas adicionais como a injeção de carvão activado (BREF LCP, 2006).

2.3. AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DA CO-INCINERAÇÃO

Para muitos autores a co-incineração é um processo vantajoso, quer do ponto de vista económico quer ambiental. Para a Comissão Científica Independente de Controlo e Fiscalização Ambiental da Co-Incineração, criada pelo Decreto-Lei n.º 120/99, de 16 de Abril, as vantagens e desvantagens da co-incineração encontram-se sucintamente a seguir discriminadas. Muitas dessas vantagens e desvantagens foram reconhecidas na Convenção de Basileia (Basel Convention - Technical Guidelines on Incineration on Land, 2004).

Como vantagens tem-se as seguintes:

- Os fornos das cimenteiras atingem elevadas temperaturas, e apresentam elevados tempos de residência ao mesmo tempo que as variações de temperatura são fáceis de controlar porque são lentas, devido a terem uma elevada inércia térmica;
- As moléculas orgânicas que compõem os resíduos são totalmente destruídas e os metais são incorporados e fixados no produto final;
- Os custos de investimento são baixos, uma vez que a unidade de incineração já existe, sendo apenas necessário algum investimento adicional no sistema de alimentação do resíduo, armazenagem e equipamento de controlo de emissões;
- O volume de resíduos a tratar não é uma condicionante do processo, como na incineração dedicada, uma vez que o objectivo continua a ser a produção de cimento que prosseguirá existindo ou não resíduo;
- Existe um aumento da competitividade da indústria cimenteira portuguesa por se poder utilizar um combustível mais barato;
- Há a exigência na adopção de novas tecnologias de tratamento e controlo de emissões promovendo o melhor desempenho ambiental destas instalações;
- Além de permitir a valorização energética de RIPs, não produz novos resíduos;
- Permite economizar recursos não renováveis, tais como os combustíveis fósseis.

Algumas desvantagens são:

- Este processo só pode ser realizado em unidades já existentes, o que não permite uma flexibilidade de escolha de local;

- Não podem ser queimados resíduos que possuam cloro, uma vez que fluxos elevados deste elemento prejudicam a qualidade do clínquer e o normal funcionamento do sistema;
- É necessário que haja uma preparação prévia do resíduo antes do processo de queima, por forma a homogeneizar o resíduo de modo a garantir o PCI necessário;
- Exige um maior controlo das emissões, o que representa um custo adicional em termos de investimento e manutenção de equipamentos.

3. O SISAV

O Decreto-Lei n.º 3/2004, de 3 de Janeiro, criou a figura CIRVER para dotar o país de instalações que conseguissem uma abordagem integrada de tratamento de resíduos de modo a minimizar a necessidade de deslocação destes para tratamento (APA, 2008). Neste contexto é construído o SISAV, no concelho da Chamusca, resultante de um consórcio privado com uma participação simbólica (1%) da Câmara Municipal da Chamusca, mas suficiente para permitir o acompanhamento do funcionamento da unidade por parte desta.

3.1. O TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

O SISAV engloba várias unidades de tratamento específicas para cada tipo de resíduo. Neste trabalho referem-se as operações a que estão sujeitos os resíduos de óleos e hidrocarbonetos conforme consta da sua Licença Ambiental n.º 42/2006 e que a seguir se discriminam.

3.1.1. UNIDADE DE TRATAMENTO DE ÓLEOS USADOS

A unidade de tratamento de óleos usados tem como objectivo retirar água aos resíduos de óleos e hidrocarbonetos, bem como retirar sedimentos e metais pesados para que estejam dentro dos parâmetros exigidos pela legislação nacional e comunitária, de forma a serem regenerados, reciclados ou sujeitos a outras formas de valorização. Neste processo existe uma decantação estática onde, após pré-aquecimento a 80-90 °C, se dá uma separação em 3 fases distintas: *i)* fase leve oleosa rica em hidrocarbonetos enviada para a centrifugação; *ii)* fase pesada rica em sedimentos enviada para tratamento na unidade de desidratação de lamas ou para a unidade de estabilização; *iii)* fase intermédia aquosa enviada para tratamento das águas na unidade de tratamento físico-químico de resíduos orgânicos e hidrocarbonetos.

A fase oleosa, resultante da decantação estática é obtida mecanicamente, a quente a 80-90 °C, numa centrifugadora de 3 fases, permitindo assim obter: *i)* uma fase oleosa, que contém menos de 0,5% de água e menos de 0,5% de sedimentos; *ii)* uma fase aquosa, com as águas e sedimentos, com menos de 5% de hidrocarbonetos, enviados para o tratamento de águas na unidade de tratamento físico-químico de resíduos orgânicos e hidrocarbonetos; *iii)* uma fase sólida, constituída por lamas oleosas, enviada em contentores para a unidade de estabilização.

A fase oleosa obtida é sujeita a desidratação em reactor com adição de ácido sulfúrico, sendo depois sujeita a decantação estática, filtração e armazenagem. Os óleos são armazenados em tanques verticais, equipados com serpentinas de aquecimento, nos quais são sujeitos a uma última decantação e armazenados em tanques para expedição e posterior co-incineração.

3.1.2. UNIDADE DE TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E HIDROCARBONETOS

Nesta unidade são tratados efluentes aquosos contaminados com óleos, gorduras, hidrocarbonetos e sedimentos, por tratamento químico com adição de reagentes e por processos físicos de decantação/aeroflotação. Dá-se, assim, uma separação em três fases, aquosa, sólida e oleosa sendo cada uma delas encaminhada para posterior tratamento dentro da instalação.

Existem ainda unidades específicas dentro do SISAV, cada uma delas com características únicas, como sejam a unidade de tratamento biológico e a unidade de evapo-oxidação. O SISAV possui, ainda, uma unidade de tratamento de efluentes líquidos inorgânicos, uma unidade de descontaminação de solos, uma unidade de recuperação de embalagens industriais usadas e um aterro para deposição de RIPs, já referido. Recebe também resíduos de solventes, procedendo-se apenas à sua armazenagem para, quando as quantidades o justificarem, se efectuar o seu envio para incineração dedicada, fora do país. No laboratório da instalação efectua-se a análise do resíduo que é enviado para co-incineração. Entre outros parâmetros, é determinado o poder calorífico inferior (PCI) e o teor de cloretos, que são de elevada importância na indústria cimenteira, tal como se disse atrás.

3.2. AS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DO SISAV

Na unidade existem nove fontes pontuais de emissões gasosas provenientes da captação das emissões difusas das diferentes unidades de tratamento. Tratando-se do local onde são preparados os resíduos para co-incinerar, estas emissões encontram-se inevitavelmente associadas ao processo de co-incineração e são muito importantes. Estas emissões são tratadas por um biofiltro. As emissões provenientes da unidade de oxidação são encaminhadas para um lavador de gases, assim como as emissões produzidas na unidade de tratamento de efluentes inorgânicos. As emissões da unidade de descontaminação de solos são encaminhadas para uma coluna de carvão activado. O biogás formado no aterro é captado através de uma rede de drenos verticais constituída por 21 poços de aspiração. Está prevista a queima deste biogás quando a quantidade acumulada o justificar.

Para o objectivo deste trabalho importa verificar qual o tipo de emissões associadas ao armazenamento e tratamento de resíduos orgânicos, assim como à unidade de estabilização de lamas. Neste contexto, o único parâmetro obrigatório para análise são os compostos orgânicos voláteis, com uma frequência de amostragem semestral, sendo o seu VLE de 50 mg.Nm⁻³ (Licença Ambiental n.º 42/2006).

4. A CO-INCINERAÇÃO NA CIMPOR, EM SOUSELAS

A CIMPOR possui três fornos, sendo a co-incineração realizada apenas em um, o forno 3, que tem uma capacidade instalada de queima de RIPs de 10 t.h⁻¹ num máximo de 45 000 t.ano⁻¹, tal como afirmado anteriormente. Contudo, actualmente, a instalação recebe semanalmente apenas dois camiões de RIPs (aproximadamente 50 t), preparados na SISAV para co-incineração.

4.1. O PROCESSO DE CO-INCINERAÇÃO

À entrada da instalação os camiões cisterna com resíduos passam por umas barras detectoras de radioactividade, havendo lugar à rejeição caso exista radioactividade. Antes do encaminhamento para a unidade onde se processa a co-incineração é, novamente, determinado o PCI, assim como outros parâmetros impostos na LA (Tabela 1).

Tabela 1. Critérios de aceitação de RIPs, conforme Quadro I.2 do Anexo I da Licença Ambiental n.º 43/2006 referente à instalação da CIMPOR em Souselas.

Componente	Unidade	Valores máximos
Poder calorífico superior	Kcal.kg ⁻¹	1000
Poder calorífico inferior	Kcal.kg ⁻¹	750
Fluxo máximo	t/h	10
Enxofre	%	4
Cloro	%	2
Flúor+Bromo+Iodo	%	1
Mercurio	mg.kg ⁻¹	20
Cádmio+Tálio	mg.kg ⁻¹	2000
Antimónio (Sb) + Arsénio (As) + Chumbo (Pb) + Crómio (Cr) + Cobalto (Co) + Níquel (Ni) + Vanádio (V) + Estrôncio (Sr) + Te (Telúrio) + Selénio (Se)	mg.kg ⁻¹	1500
Bifenilos policlorados (PCB)/Pentaclorofenol (PCP)	mg.kg ⁻¹	50

O fluxo de resíduo é alimentado directamente do camião cisterna ao queimador, não existindo, assim, armazenamento de RIPs no interior das instalações da CIMPOR. Os camiões são encaminhados para uma plataforma de estrutura metálica, provida de bacia de retenção. Embora esta estrutura tenha capacidade para a permanência de dois camiões cisterna em simultâneo, a alimentação ao sistema é realizada apenas de uma cisterna, enquanto a outra se encontra em espera. O transporte dos resíduos, desde a cisterna ao queimador principal, é assegurado por uma única bomba de alta pressão com filtragem a montante e de velocidade variável. A tubagem de alimentação, desde a bomba de alta pressão até ao doseador do queimador, será aquecida por fluido térmico, sendo que junto à entrada do queimador é injectado ar comprimido, de forma a promover a atomização dos resíduos e a aumentar a eficácia do processo de valorização energética.

4.2. AS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DA CIMPOR

As emissões gasosas das diferentes fases do processo de fabrico e das actividades auxiliares são encaminhadas para um total de 21 fontes fixas. Cada processo de combustão possui uma chaminé independente de 87,5 m de altura à excepção do processo de combustão associado ao forno 3, onde se realiza a co-incineração, que possui 90 m. Os parâmetros a analisar e os respectivos VLE para as fontes provenientes do forno 1 e 2 (onde não existe processo de co-incineração de RIPs) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros e VLE das emissões gasosas associadas aos fornos 1 e 2 da CIMPOR (Licença Ambiental n.º 43/2006).

Parâmetro	VLE (mg.Nm ⁻³)	Frequência de monitorização
Partículas	20 – 30 ⁽¹⁾	Contínuo
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	200 – 400 ⁽¹⁾	
Óxidos de azoto (NO _x) expressos em NO ₂	200 – 500 ⁽¹⁾	
Monóxido de carbono (CO)	1000 ⁽²⁾	
Compostos orgânicos expressos em carbono orgânico total (COT)	50 ⁽²⁾	Duas vezes no ano com intervalo mínimo de dois meses entre medições
Compostos inorgânicos clorados, expressos em Cl ⁻	250 ⁽²⁾	
Compostos inorgânicos fluorados, expressos em F ⁻	50 ⁽²⁾	
Sulfureto de hidrogénio (H ₂ S)	50 ⁽²⁾	
Cádmio (Cd) + Mercúrio (Hg)	0,2 ⁽²⁾	
Arsénio (As) + Níquel (Ni)	1 ⁽²⁾	
Chumbo (Pb) + Crómio (Cr) + Cobre (Cu)	5 ⁽²⁾	

(1) Os valores referem-se a temperatura de 273 K, pressão 101,3 kPa e um teor de 10 % de O₂ e gás seco nos efluentes gasosos

(2) Valores referidos ao teor de O₂ característico dos processos e a gás seco nos efluentes gasosos.

Para o forno 3, onde se dá a co-incineração, os parâmetros a analisar e os VLE respectivos são os que se encontram na Tabela 3. De notar que para este forno, e conforme se verifica pela análise da tabela, são determinados outros metais pesados e também dioxinas e furanos, que apenas têm de ser determinados nos fornos onde se realiza a co-incineração.

Tabela 3. Parâmetros e VLE das emissões gasosas associadas ao forno 3 da CIMPOR (Licença Ambiental n.º 43/2006).

Parâmetro	VLE (mg.Nm ⁻³) ⁽¹⁾	Frequência de monitorização
Partículas	30 ⁽¹⁾	Contínuo
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	305 ⁽¹⁾	
Óxidos de azoto (NO _x) expressos em NO ₂	800 ⁽¹⁾	
Monóxido de carbono (CO)	1000 ⁽²⁾	
Compostos orgânicos expressos em carbono orgânico total (COT)	39 ⁽²⁾	
Compostos inorgânicos clorados, expressos em Cl ⁻	10 ⁽²⁾	
Compostos inorgânicos fluorados, expressos em F ⁻	1 ⁽²⁾	
Cádmio (Cd) + Tálho (Tl)	0,05 ⁽²⁾	Duas vezes no ano com intervalo mínimo de dois meses entre medições
Mercúrio (Hg)	0,05	
Antimónio (Sb) + Arsénio (As) + Chumbo (Pb) + Crómio (Cr) + Cobalto (Co) + Cobre (Cu) + Manganésio (Mn) + Níquel (Ni) + Vanádio (V)	0,5 ⁽²⁾	
Dioxinas e furanos	0,1 ng.Nm ⁻³	

(1) Todos os valores referem-se a temperatura de 273 K, pressão 101,3 kPa e um teor de 10 % de O₂ e gás seco nos efluentes gasosos

(2) Valores referidos ao teor de O₂ característico dos processos e a gás seco nos efluentes gasosos.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Existem alguns resíduos, perigosos ou não, que devido às suas características não são passíveis de reutilização ou reciclagem, tendo deste modo que ser encontrado outra solução para estes resíduos. A co-incineração surge como um método para eliminação de resíduos industriais perigosos de elevado poder calorífico, devido ao facto de não produzir resíduos resultantes deste processo. Simultaneamente, realiza-se o aproveitamento do seu potencial energético, em substituição da utilização de combustíveis fósseis, ao mesmo tempo que não é necessária a construção de uma instalação de raiz. No entanto, as emissões atmosféricas produzidas durante o processo de queima têm que ser controladas. A co-incineração em fornos de cimenteiras apresenta a vantagem de estas instalações já possuírem estes sistemas de controlo e tratamento, devido à natureza específica do processo de fabrico de cimento. As vantagens económicas e ambientais, tais como a contribuição para a minimização da emissão dos gases com efeito de estufa, os chamados GEE, são consideráveis, devendo ainda considerar-se a redução do recurso às energias fósseis. Considera-se, contudo, que uma das grandes desvantagens na utilização desta tecnologia é a necessidade de pré-tratamento do resíduo a co-incinerar. Este pré-tratamento envolve também, por sua vez, a libertação de emissões gasosas que necessitam de ser captadas e tratadas em biofiltros.

Na CIMPOR, em Souselas, são actualmente, co-incinerados 60 m³ de RIPs por semana, valor muito inferior à capacidade instalada, como ficou claro atrás, não se verificando o aproveitamento efectivo das alterações processadas na instalação para a realização da co-incineração. O investimento efectuado não está, neste momento, a ser economicamente rentabilizado e isto é um facto incontestável. Este subaproveitamento é provocado pela insuficiência de resíduos que possam ser encaminhados para o processo de co-incineração, por forma a satisfazerem os requisitos energéticos exigidos. Esta situação é também alicerçada pelo facto do SISAV se encontrar também a laborar muito aquém da sua capacidade instalada, encontrando-se claramente sobredimensionada neste momento. A questão também terá a ver com o volume de resíduos que são susceptíveis de alimentar instalações deste porte. É, no entanto, necessário cumprir o objectivo de auto-suficiência em matéria de tratamento de resíduos, conforme recomendação da Comissão Europeia, estando esta salvaguardada no Direito Nacional.

Para uma maior aceitação da opinião pública sobre a co-incineração torna-se necessária uma maior informação sobre o processo e as suas implicações, possibilitando ao cidadão comum ter uma clara percepção sobre todos os aspectos envolvidos, vantagens e desvantagens, o que nunca foi conseguido de forma eficiente, através da utilização de uma linguagem clara e acessível. Da realização deste trabalho não se pode efectivamente concluir que a co-incineração constitua o processo de tratamento de RIPs com menores impactes ambientais, uma vez que não foi efectuado um estudo comparativo com outras metodologias de tratamento dos mesmos. É no entanto possível ter uma ideia muito concreta sobre as implicações que recaem sobre a escolha deste tratamento, no sentido de se avançar para a auto-suficiência em termos de tratamento de resíduos perigosos.

BIBLIOGRAFIA

- ANTUNES, P., SALGUEIRO, A., SANTOS, R., LOBO, G., ALMEIDA, J E CARVALHAIS, N. (2000). Estudo sobre Sector Eléctrico e Ambiente. 1º Relatório. Impactes Ambientais do Sector Eléctrico. [Em linha]. Disponível em <http://www.erse.pt/NR/rdonlyres/8B47301D-050C-43A2-8000-C46CC6DBD2C9/0/SectorEl%C3%A9ctricoeAmbiente1Relat%C3%B3rio.pdf> [Consultado em 02/12/2008].
- APA. AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. (2008). Resíduos Perigosos – CIRVER [Em linha]. Disponível em http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/rsectoriais/Documents/TextoCIRVER_PORTAL.pdf. [Consultado em 02/12/2008].
- BASEL CONVENTION - TECHNICAL GUIDELINES ON INCINERATION ON LAND. (2004) [Em linha]. Disponível em <http://www.basel.int/meetings/sbc/workdoc/old%20docs/techd10.pdf>. [Consultado em 30/11/2008].
- BREF LCP. (2006). Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. [Em linha]. Disponível em <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm> [Consultado em 04/11/2008].
- BREF WT. (2006). Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries. [Em linha]. Disponível em <http://eippcb.jrc.es/pages/FAactivities.htm> [Consultado em 04/11/2008].
- CARVALHO, A. (2004). Política, Cidadania e Comunicação “Crítica” da Ciência. Universidade do Minho. Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade. [Em linha]. Disponível em https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2814/1/acarvalho_artComSoc_2004.pdf [Consultado em 4/11/2008].
- CONESA, J., GÁLVEZ, A., MATEOS, F., MARTÍN-GULLÓN, I. E FONT, R. (2008). Organic and Inorganic Pollutants from Cement Kiln Stack Feeding Alternative Fuels. In: *Journal of Hazardous Materials*, 158, pp. 585–592.
- Decreto-Lei n.º 3/2004, de 3 de Janeiro, que estabelece o regime jurídico a que fica sujeito o licenciamento da instalação e da exploração dos centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos (CIRVER).
- Decreto-Lei n.º 85/2005, de 28 de Abril, que estabelece o regime a que fica sujeita a incineração e co-incineração de resíduos.
- Directiva 2000/76/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos.
- EAUK. ENVIRONMENT AGENCY UK (2004). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Guidance Sector Note, Co-incineration Supplement. [Em linha]. Disponível em http://www.environment-agency.gov.uk/commondata/acrobat/coincinerator_924475_924475.pdf . [Consultado em 30/11/2008].
- FORMOSINHO, S., PIO, C., BARROS, J. E CAVALHEIRO, J. (2000). *Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos*. Aveiro. Comissão Científica Independente.
- GIANNOPOULOS, D., KOLAITIS, A., TOGKALIDOU, A., SKEVIS, G. E FOUNTI, M. (2006). Quantification of Emissions from the Co-Incineration of Cutting Oil Emulsions in Cement Plants – Part I: NOx, CO and VOC. In: *Fuel*, 86, pp. 1144–1152.
- GIANNOPOULOS, D., KOLAITIS, A., TOGKALIDOU, A., SKEVIS, G. E FOUNTI, M. (2007). Quantification of Emissions from the Co-Incineration of Cutting Oil Emulsions in Cement Plants – Part II: Trace species. In: *Fuel*, 86, pp. 2491–2501.
- GOMES, D. E DINIS, A. (2005). Incineração versus Co-Incineração. In: *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa*, 2, pp 66-82.
- IFEU. INSTITUT FÜR ENERGIE - UND UMWELTFORSCHUNG HEIDELBERG GMBH. (2008). [Em linha]. Disponível em http://www.ifeu.de/english/index.php?bereich=abf&seite=mitverbrennung_und_mitbehandlung [Consultado em 30/11/2008].

KARSTENSEN, K. (2007). Formation, Release and Control of Dioxins in Cement Kilns. *In: Chemosphere*, 70, pp. 543–560.

Licença Ambiental nº 42/2006 da SISAV. [Em linha]. Disponível em www2.apambiente.pt/xeo_cm_ia.../attachfileu.jsp? [consultado em 15/11/2008].

Licença Ambiental nº 43/2006 da CIMPOR. [Em linha]. Disponível em <http://www.ccdrc.pt/ambiente/folder.2006-03-31.5815569339/participacao-publica/?searchterm=cimpor> [Consultado em 15/11/2008].

LOO, W. (2008). Dioxin/Furan Formation and Release in the Cement Industry. *In: Environmental Toxicology and Pharmacology*, 25, pp 128–130.

MATIAS, M. (2004). „Don't Treat us Like Dirt': The Fight Against the Co-incineration of Dangerous Industrial Waste in the Outskirts of Coimbra. *In: South European Society and Politics*, 9, 2, pp. 132-158.

OTTOBONI, A., SOUZA, I., MENON, G. E SILVA, R. (1998). Efficiency of Destruction of Waste Used in the Co-Incineration in the Rotary Kilns. *In: Energy Conversion and Management*, 39, 16-18, pp. 1899-1909.

RTP – RÁDIO TELEVISÃO PORTUGUESA. (2009). [Em linha]. Disponível em <http://tv1.rtp.pt/noticias/?article=69990&visual=3&layout=10>. [Consultado em 12-06-2009].

SECIL-RNT. (2007). Resumo Não Técnico do Estudo de Impacte Ambiental da Co-incineração de Resíduos Industriais Perigosos na Fábrica da SECIL – Outão. [Em linha]. Disponível em http://www.secil.pt/pdf/RNT_Dez07.pdf [Consultado em 30/11/2008].

AGRADECIMENTOS

Para elaboração deste trabalho, foi imprescindível a colaboração das empresas SISAV e CIMPOR, em especial a colaboração do Sr. Eng.º Manuel Simões, e do Sr. Eng.º Dias Gomes, por parte de cada uma das empresas, respectivamente, sem os quais não seria possível a realização do mesmo.