A VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS URBANOS E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA IIRSU

A valorização energética de resíduos urbanos é um processo pelo qual os resíduos urbanos não recicláveis são transformados em energia elétrica e/ou térmica, que é fornecida à sociedade e às atividades económicas. Nesta tecnologia, os resíduos são incinerados a alta temperatura (acima dos 850 ^{o}C), o calor é recuperado numa caldeira onde se produz vapor a alta pressão, que é utilizada para acionar um grupo turbogerador, onde é produzida a energia elétrica que é fornecida à rede elétrica de serviço público. Da combustão resultam escórias, das quais se extraem metais para reciclagem e uma fração mineral que pode ser reciclada em trabalhos de construção civil. Os gases da combustão são devidamente tratados antes de serem enviados para a chaminé e as cinzas de purificação dos gases são tratadas em instalações especializadas.

A valorização energética de resíduos possibilita o fornecimento de eletricidade a 18 milhões de europeus e de calor consumido por 15,2 milhões, evitando a emissão de 24 a 49 milhões de toneladas de CO_2(eq.), dependendo do combustível de substituição considerado. Só em Portugal, a valorização energética de resíduos urbanos produz eletricidade equivalente ao consumo doméstico de cerca de 400 mil portugueses. Desta forma contribui para o processo de transição energética e contribui, também, para a descarbonização, evitando a deposição de resíduos em aterro e a correspondente produção de metano – um poderoso gás com efeito de estufa.

De acordo com a AVALER (Associação de Entidades de Valorização Energética de Resíduos Sólidos Urbanos), desde que se iniciou a operação de centrais de valorização energética de resíduos em Portugal, em 2000, já foram desviados de aterro e transformados em energia, mais de 18 milhões de toneladas de resíduos urbanos, o que equivale a mais de 3 anos e meio de produção total de resíduos urbanos do país, com a redução de gases com efeito de estufa correspondente.

Por outro lado, cerca de 20% em massa dos resíduos urbanos resultam em escórias de combustão, que contêm 10 a 12% de metais, que são recuperados e enviados para reciclagem. Em Portugal, as unidades de valorização energética de resíduos recuperam cerca de 15 mil toneladas de metais para reciclagem, por ano, o que faz do setor um dos maiores recicladores de metais do país. A parte mineral, não metálica, das escórias é também parcialmente valorizada em obras de construção civil, como material inerte em sub-base de estradas, e em cobertura de células de aterro, evitando a extração de inertes virgens da natureza.

Em Portugal há quatro unidades de valorização energética de resíduos urbanos, perfazendo uma capacidade de tratamento de cerca de 1,2 milhões de toneladas de resíduos por ano, equivalente a cerca de 20% dos resíduos urbanos produzidos no país, designadamente, uma unidade na ilha da Madeira – a Instalação de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos (IIRSU), na Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos (ETRS) da Meia Serra, da responsabilidade da empresa Águas e Resíduos da Madeira (ARM), uma na ilha Terceira, nos Açores, da empresa Teramb, outra que serve a região de Lisboa norte e região oeste, da empresa Valorsul e outra que serve a região do grande Porto, da empresa Lipor.

No contexto da ilha Madeira, que é uma ilha de reduzida dimensão, distante do território continental, onde o turismo desempenha um papel económico essencial, a valorização energética de resíduos revelou-se absolutamente fundamental, na medida em que permitiu encerrar vários aterros sanitários numa região turística e onde o espaço é um recurso escasso, produzindo energia, evitando o transporte de combustíveis fósseis a partir do continente e tratando localmente os resíduos não recicláveis, minimizando o transporte para o continente e beneficiando a economia regional.

Este tipo de instalação encontra-se sujeita a critérios apertados de eficiência energética, previstos na Diretiva Quadro de Resíduos (DQR).

Eficiência energética R_1

Segundo a DQR, que foi transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, que estabeleceu o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR), entretanto revogado pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que aprovou o novo RGGR, a incineração pode ser considerada uma operação de valorização quando a sua eficiência de conversão for suficientemente elevada. De outra forma, dependendo do nível mínimo de eficiência energética de conversão de energia, expresso numa base anual, a incineração de resíduos sólidos urbanos pode ser classificada como operação de valorização ou como de eliminação de resíduos, dependendo da eficiência energética (R_1) à qual a operação ocorre. Este fator é importante para materializar o conceito de eficiência energética, que traduz, em último caso, a capacidade da unidade de tratamento térmico em gerar energia, ou seja, a sua componente de valorização.

A DQR permite assim que as instalações de incineração dedicadas ao processamento de resíduos sólidos urbanos, como é o caso da IIRSU, em função do cumprimento de um limite de eficiência energética $R_1 \geq 0{,}60$ (para instalações em funcionamento e licenciadas nos termos da legislação comunitária aplicável antes de 1 de janeiro de 2009, que é precisamente o caso da IIRSU), sejam classificadas como uma operação de valorização energética, tendo definido para tal uma metodologia de cálculo da eficiência energética da instalação, que tem em conta os seus parâmetros específicos de exploração, nomeadamente os seus fluxos energéticos, por recurso à seguinte fórmula:

$$\textit{Eficiência energética } R_1 = [Ep - (Ef + Ei)]/[0{,}97 \times (Ew + Ef)]$$

Em que:

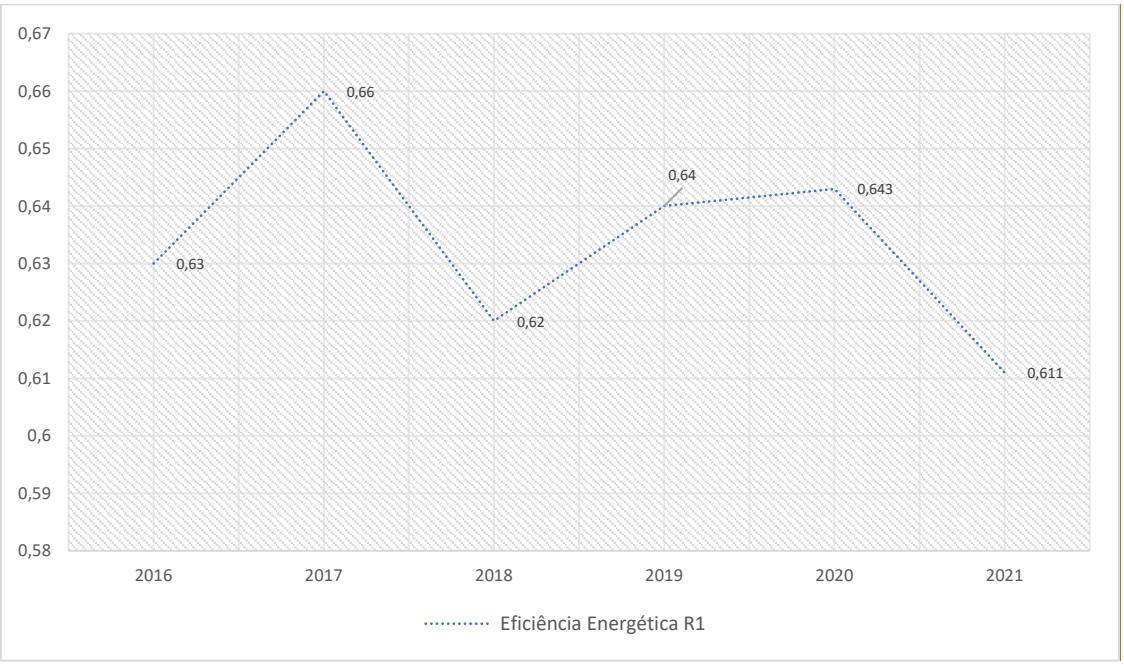
- *Ep representa a energia anual produzida sob a forma de calor ou eletricidade (GJ/ano);*
- *Ef representa a entrada anual de energia no sistema a partir de combustíveis que contribuem para a produção de vapor (GJ/ano);*
- *Ew representa a energia anual contida nos resíduos tratados calculada utilizando o valor calorífico líquido dos resíduos (GJ/ano);*
- *Ei representa a energia anual importada com exclusão de Ew e Ef (GJ/ano);*
- *0,97 é um fator que representa as perdas de energia nas cinzas de fundo e por radiação.*

A eficiência energética da instalação pode-se alterar de ano para ano, dependendo de vários aspetos "exógenos", como, por exemplo, das condições inerentes à sua localização, das

características dos resíduos, dos teores de substâncias corrosivas, das variações de composição (limitam a margem de otimização) e da própria dimensão da instalação, mas as ações ou condições de operação da instalação determinam consideravelmente a melhoria da eficiência energética da instalação, como a qualidade da mistura e uniformização dos resíduos alimentados, a estabilidade da produção de vapor, a minimização das condições de operação que requeiram combustível de apoio, a limpeza das superfícies de permuta, a redução do nível de purga da caldeira, a devida manutenção para reduzir o número de arranques e paragens, entre outros.

IIRSU da ETRS

A IIRSU tem demonstrado consecutivamente desde 2016, a partir do qual foi reclassificada o tipo de operação da instalação, que possui um elevado nível de eficiência energética, tendo sempre atingido valores de R_1 superiores ao limiar mínimo de 0,60, sendo por isso classificada, de acordo com a legislação específica, como uma operação de valorização energética de resíduos urbanos. Apesar da eficiência energética da instalação depender de vários fatores, muitos de difícil controlo, a mesma tem revelado que a instalação, os seus equipamentos e as suas condições de exploração, da responsabilidade da ARM, S.A., se têm pautado por níveis de qualidade e eficiência muito positivos.



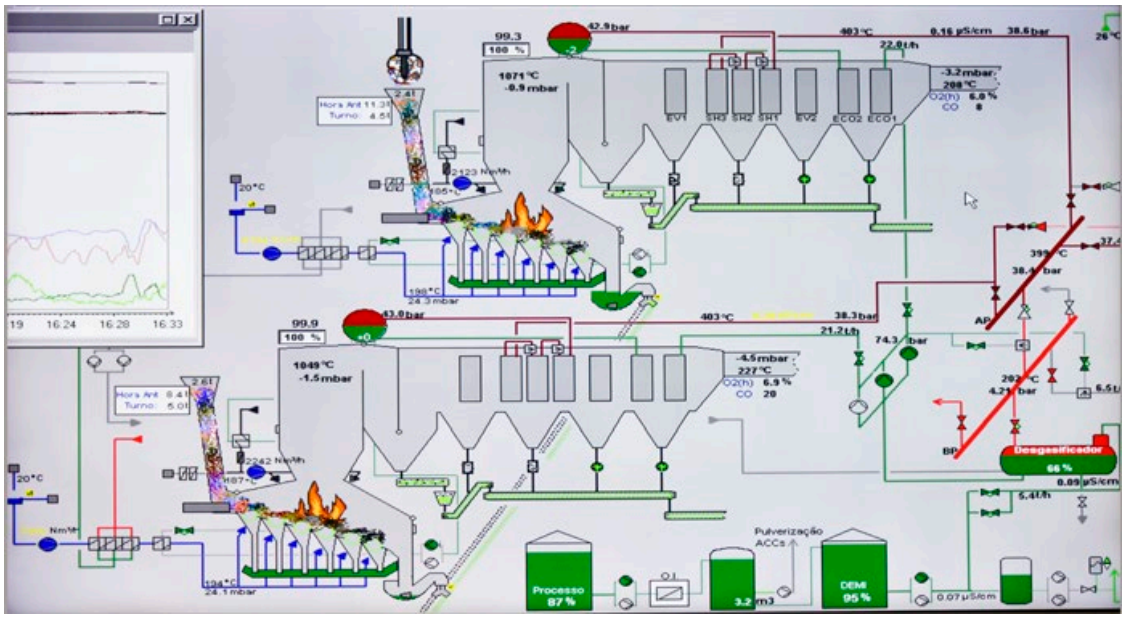
Em 2021, foram incinerados na IIRSU cerca de 112.193,16 ton de resíduos sólidos urbanos, com um PCI de 7,493 GJ/ton, que continham 840.693 GJ de energia, que permitiram produzir 429,877 GJ de energia sob a forma de eletricidade, tendo sido exportado cerca de 35066.34 MWh, especialmente para a Empresa de Eletricidade da Madeira (EEM), para introdução na rede pública de abastecimento.

Pelo levantamento de todos os valores de base relativos a 2021, tendo os mesmos sido validados por perito certificado nos termos do regime jurídico do SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, regulado pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril e

pela aplicação da metodologia de cálculo estipulada, foram obtidos os seguintes valores de Ep = 429,877 GJ; Ef = 6,275 GJ; Ew = 840,693 GJ, Ei = 16,758 GJ.

Aplicando a fórmula R_1, é obtido o valor R_1 = 0,49. Multiplicando por um fator de correção climática - FCC = 1,25, de forma a assegurar as condições de concorrência equitativas na União Europeia, compensando as instalações de incineração afetadas pelas condições climáticas locais (de acordo com a Diretiva (CE) n.º 2015/1127, de 10 de julho, e a respetiva retificação de novembro de 2015), temos um valor R_1 absoluto de 0,611 e, portanto, superior ao valor mínimo de 0,60 exigido para o caso da IIRSU.

Esta classificação da IIRSU como uma operação de valorização é válida para o ano de 2022. A ARM tem de demonstrar anualmente à entidade licenciadora da instalação, que é a DRAAC, que a IIRSU consegue cumprir os níveis de eficiência energética exigidos a uma operação de valorização de resíduos, nos termos da DQR.



A IIRSU é constituída por duas linhas com capacidade unitária de 8 toneladas/hora e sistema de combustão do tipo "*mass burning*", com recuperação de energia. Cada linha de incineração possui um sistema de tratamento de gases independente. É utilizado um sistema de redução seletiva não catalítica, por injeção de uma solução de ureia na câmara de combustão, para a redução dos óxidos de azoto. Os gases de combustão atingem uma temperatura superior a 850 ºC, durante pelo menos 2 segundos.

No depurador de gases é injetado leite de cal e carvão ativado para a remoção de gases ácidos, dioxinas e furanos e metais pesados. As partículas (cinzas volantes) são removidas por meio de um filtro de mangas. Estas cinzas, após um processo de inertização com água e cimento, são depositadas numa célula do aterro especialmente concebida para a deposição de resíduos perigosos. Nas chaminés estão instalados equipamentos que medem em contínuo as emissões de alguns compostos químicos (CO, NOx, SO_2, HCl, HF, COT e partículas), de modo a controlar a quantidade de poluentes emitidos. Os sistemas de tratamento de gases instalados foram concebidos de modo a cumprir com a Diretiva

Comunitária 2000/76/CE, de 4 de dezembro, transposta para o Decreto-Lei n.º 85/2005, 28 abril.

A instalação possui uma turbina com capacidade nominal de 8 MWh. A energia elétrica produzida pela incineração dos resíduos sólidos é usada no funcionamento da estação (cerca de 25%) e a maior fração da energia produzida (cerca de 75%) é fornecida à rede de distribuição pública, através da EEM, permitindo alimentar cerca de 22.000 habitações, o que representa cerca de 24% do total de consumidores domésticos da Região, desde que as duas linhas de incineração estejam a funcionar à sua capacidade nominal.