

# FUNCIONAMENTO DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS LIXIVIANTES E ACÇÕES PARA A SUA BENEFICIAÇÃO

Levy<sup>1</sup>, João de Quinhones; Santana<sup>2</sup>, Carla

[levy@cesur.civil.ist.utl.pt](mailto:levy@cesur.civil.ist.utl.pt) ; [csantana@civil.ist.utl.pt](mailto:csantana@civil.ist.utl.pt)

<sup>1</sup> Professor Associado do Instituto Superior Técnico; Investigador do Centro de Sistemas Urbanos e Regionais

<sup>2</sup> Investigadora no Centro de Sistemas Urbanos e Regionais

## Comunicação

### 1. INTRODUÇÃO

Com PERSU – Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos publicado em Julho 1997 pelo Instituto dos Resíduos (INR), foram definidas as bases da gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos. O PERSU definia três eixos prioritários: a selagem das lixeiras, a construção das infra-estruturas com cerca de 40 sistemas de gestão de resíduos e o lançamento das políticas de recolha selectiva em todo o país.

Portugal foi assim dotado de diversas infra-estruturas de tratamento e confinamento de resíduos sólidos urbanos, tais como estações de tratamento e valorização orgânica (compostagem e digestão anaeróbia), aterros sanitários e incineradoras.

Os aterros sanitários são o método de tratamento mais utilizado para a deposição controlada de resíduos. Como resultado do confinamento dos resíduos, existe a produção de biogás e de águas lixiviantes.

As águas lixiviantes, ou lixiviados, são águas altamente poluentes pelo que devem ser encarados como um problema ambiental de extrema importância, sendo o seu tratamento necessário.

Na última década foram construídas em Portugal mais de três dezenas de estações de tratamento de águas lixiviantes (ETAL) baseadas, na quase totalidade, em processos bioquímicos para a redução da CQO, CBO<sub>5</sub> e Azoto, complementados, ou não, com processos de afinação por membranas ou por lagunagem. Para além destes, um pequeno número de instalações é baseado unicamente, em osmose inversa.

O controlo analítico do efluente tratado destas estações mostrou que, na generalidade, o grau de tratamento conseguido é inferior ao previsto, pelo que se procedeu a análise do seu funcionamento com vista à definição de acções para a sua beneficiação.

Este estudo foi realizado a pedido do Instituto de Resíduos – INR (Portugal).

### 2. TIPOS DE INSTALAÇÕES

Por forma a conhecer a eficácia dos sistemas de tratamento, procedeu-se à identificação de todas as ETAL do País, à caracterização da sua cadeia de tratamento e à avaliação do seu funcionamento. Foram, também, estudadas estações de tratamento noutros países, com maior incidência em novas tecnologias.

Em Portugal Continental existem cerca de 37 aterros sanitários dos quais 32 possuem ETAL, e os restantes efectuam descarga directa em colector municipal.

As ETAL existentes em Portugal baseiam-se nas seguintes cadeias de tratamento:

- Lagoa de Regularização + Osmose Inversa;
- Lamas Activadas+ Osmose Inversa;
- Lagoa de Arejamento + Decantador Lamelar + Osmose Inversa;
- Lagoa Arejada ou Anaeróbia + Osmose Inversa;
- Lagoas Anaeróbias + Osmose Inversa;
- Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico;
- Tratamento Físico-Químico + Lamas Activadas
- Filtro EPI + Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico;
- Lagoa de Arejamento + Filtro EPI + Tratamento Físico-Químico;
- Lagoa de Arejamento + Tratamento Físico-Químico;
- Lagoa de Arejamento;
- Lagoa de Arejamento + Lagoa Macrófitas;
- Vala de Oxidação + Ligação ao Exutor.

De acordo com o Quadro I e como se pode observar na Figura 1, cerca de 35% das estações de tratamento de águas lixiviantes recorrem ao processo de osmose inversa, estando este a funcionar como tratamento secundário. As estações com tratamento físico-químico e lamas activadas representam 31% das estações existentes. Com descarga directa em colector municipal são cerca de 14% das estações de tratamento.

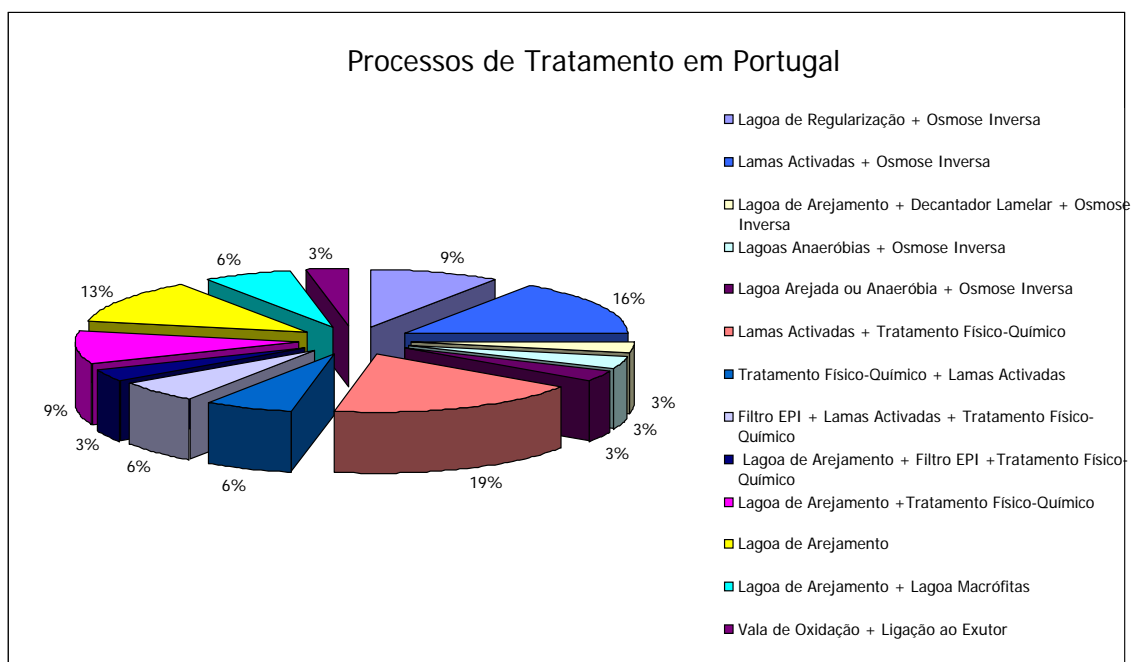


Figura 1 – Processos de Tratamento em Portugal

Designação da ETAL	Tratamento	Destino Final	
RESIOESTE	Lagoa de Arejamento + Osmose Inversa	Linha de água	
ALGAR (Barlavento)		Linha de água	
ALGAR (Sotavento)		Linha de água	
Cova da Beira	Lamas Activadas + Osmose Inversa	Linha de água	
Raia/Pinhal		Linha de água	
Planalto Beirão		Linha de água	
LIPOR II		Linha de água	
REBAT		Linha de água	
SULDOURO	Lagoa de Arejamento + Decantador Lamelar + Osmose Inversa	ETAR + Linha de água	
RESIDOURO	Lagoa Arejada ou Anaeróbia + Osmose Inversa	Linha de água	
AM. Distrito de Évora	Lagoas Anaeróbias + Osmose Inversa	Linha de água	
VALSOUSA (Lousada)	Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico	Linha de água	
RESULIMA		ETAR	
VALORMINHO		Linha de água	
ERSUC – Mondego (Coimbra)		ETAR	
VALNOR (Avis)		Linha de água	
SULDOURO		ETAR + Linha de água	
RESIURB		Tratamento Físico-Químico+ Lamas Activadas	Linha de água
RESAT			Linha de água
BRAVAL	Filtro EPI + Lamas Activadas + Tratamento Físico-Químico	ETAR	
AMALGA (Beja)		ETAR + Linha de água	
RESITEJO	Lagoa de Arejamento + Filtro EPI + Tratamento Físico-Químico	Inoperacional	
Vale do Douro Norte	Lagoa de Arejamento + Tratamento Físico-Químico	Linha de água	
VALORSUL		ETAR	
ERSUC – Baixo Vouga		ETAR	
AMARTEJO	Lagoa de Arejamento	Linha de água	
AMAGRA (Grândola)		Descarga nula	
AMARSUL (Palmela)		ETAR	
VALSOUSA (Penafiel)		ETAR	
AMCAL (Cuba)	Lagoa de Arejamento + Lagoa Macrófitas	Linha de água	
VALORLIS		ETAR	
AMTRES	Vala de Oxidação + Ligação ao Exutor	ETAR	
ERSUC – Baixo Mondego	Descarga em ETAR municipal	ETAR	
Amave (Santo Tirso) – SIDVA		ETAR	
Amave (Gonça) – SIDVA		ETAR	
Terra Fria/Terra Quente/Douro Superior		ETAR	
AMARSUL (Seixal)		ETAR	

Quadro I – Estações de Tratamento em Funcionamento e destino final das águas tratadas.

Quanto ao destino final das águas lixiviantes tratadas, conforme Figura 2, cerca de 50% das estações faz a descarga do efluente em linha de água. Das restantes estações, cerca de 36% descarregam em ETAR municipais e 8% tem a possibilidade de fazer descarga, ou em linha de água, ou em ETAR municipal.

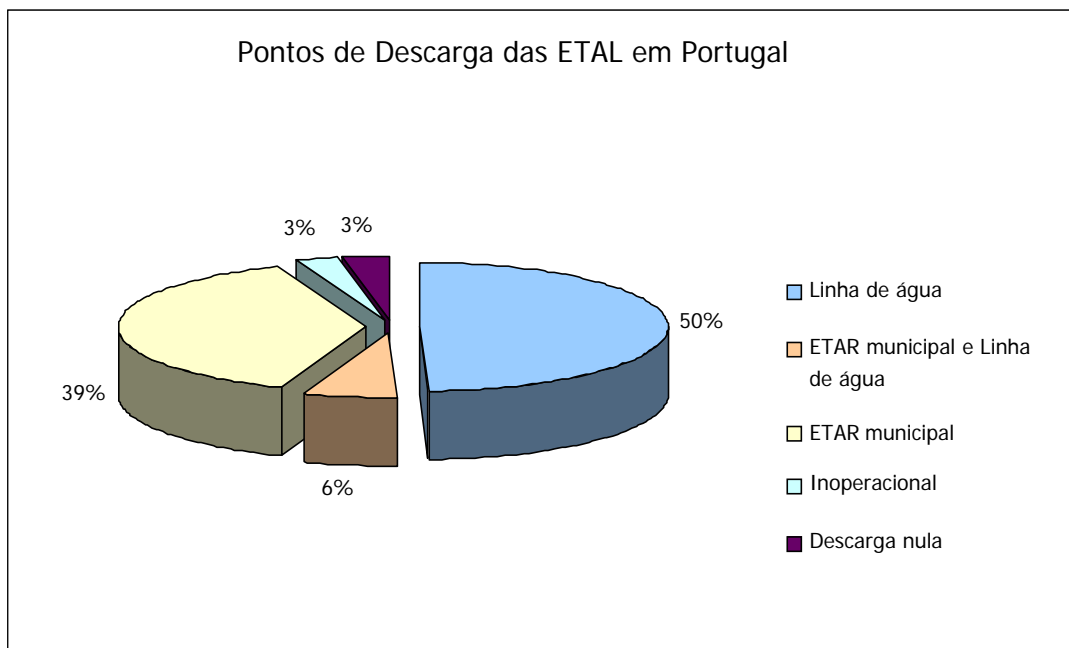


Figura 2 – Pontos de Descargas das ETAL em Portugal.

Para a caracterização analítica dos processos de tratamento foram colhidas amostras pontuais e compostas em pontos característicos dos processos de tratamento. Os parâmetros determinados visaram calcular as eficiências de cada órgão, assim como avaliar o cumprimento da legislação referente a descargas. Foi, também, feita a colheita de amostras às lamas e ao concentrado, de modo a avaliar o cumprimento dos valores constantes na legislação em vigor para a deposição destas em aterro.

### 3. ANÁLISE DAS EFICIÊNCIAS DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO

Para a avaliação das eficiências de tratamento dos sistemas instalados em Portugal, estes foram divididos segundo os processos utilizados e a sua cadeia de tratamento:

- Osmose Inversa;
- Filtros de Cartucho e Ultrafiltração (como pré-tratamento da osmose inversa);
- Filtro de Areia e Filtros de Cartucho (como pré-tratamento da osmose inversa);
- Lagoa de Regularização a montante da ETAL;
- Tratamento Físico-Químico a montante do Tratamento Biológico;
- Tratamento Físico-Químico a jusante do Tratamento Biológico;
- Lagoa de Arejamento e Decantador Biológico;
- Nitrificação – Desnitrificação e Decantador Biológico;
- Nitrificação – Desnitrificação e Filtros de Cartucho e Ultrafiltração;
- Filtro EPI;
- Lagoa de Arejamento e Lagoa de Sedimentação;
- Lagoa de Macrófitas.

## **A - Osmose Inversa**

O tratamento por Osmose Inversa tem eficiências de 99% na remoção da CQO, CBO<sub>5</sub>, SST e SSV e uma remoção de azoto total e nitratos que pode atingir os 98 % e os 97%, respectivamente, e limites inferiores de 71% e 91%.

A elevada qualidade do efluente tratado por osmose inversa deve-se a remoção dos compostos orgânicos refractários, ou seja, de compostos não biologicamente eliminados.

## **B - Filtros de Cartucho e Ultrafiltração e Filtro de Areia e Filtros de Cartucho**

Como pré-tratamento das unidades de osmose inversa, para proteger as membranas contra a formação de "*fouling*" (termo utilizado para descrever a deposição e a acumulação de constituintes na membrana), são utilizados processos compostos por Filtros de Cartucho e unidade de Ultrafiltração ou Filtro de Areia e Filtros de Cartucho.

O pré-tratamento por Filtros de Cartuchos e Ultrafiltração apresentam uma eficiência de remoção da CQO que varia entre os 75% e os 98%, e uma eficiência de remoção de SST de 99%.

No tratamento por Filtro de Areia e Filtros de Cartucho atinge-se uma eficiência de remoção da CQO que variam entre os 3% e os 17% e de SST entre os 27% e os 34%.

Com base nas eficiências de remoção obtidas por estes dois pré-tratamentos da osmose inversa, recomenda-se a utilização do tratamento por filtros de cartucho seguidos de ultrafiltração, uma vez que apresenta eficiências superiores ao pré-tratamento por filtros de areia e filtros de cartucho.

## **C – Lagoas de Regularização**

A maioria das ETAL existentes em Portugal possui lagoas de regularização à cabeça, nas quais se verifica a homogeneização e regularização do lixiviado bruto.

Estas lagoas alcançam eficiências de remoção que variam entre os 36% e os 71% na CQO e entre os 50% e os 68% na CBO<sub>5</sub>. As eficiências de remoção dos SST rondam os 55% e os dos SSV os 46%. Ao nível da eficiência de remoção do azoto total, esta varia entre os 4% e os 73%, registrando-se uma menor qualidade do efluente ao nível dos nitratos, resultante da passagem do azoto amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a nitrato (NO<sub>3</sub>).

## **D – Tratamento Físico-Químico**

O tratamento físico-químico instalado nas ETAL existentes posiciona-se ou a montante, ou a jusante do tratamento biológico.

No tratamento físico-químico a montante do tratamento biológico, alcançam-se eficiências de remoção de 13% e 21% na remoção da CQO e de 11% na remoção da CBO<sub>5</sub>. Na remoção de SST, as eficiências de remoção são de 55% e 59% e de SSV de 62% e 63%.

Com o tratamento físico-químico a jusante do tratamento biológico, atingem-se eficiências que variam entre os 35% e os 90% na remoção da CQO, entre os 34% e os 75 % na remoção da CBO<sub>5</sub>, entre 35% e 92% na remoção dos SST e entre 61% e 88% na remoção dos SSV. Na remoção do azoto total, este tratamento pode atingir uma eficiência do de 38% apresentando, no entanto, um aumento das concentrações no parâmetro nitratos.

Em termos de valores médios, o tratamento físico-químico, quando colocado a jusante do tratamento biológico, apresenta melhores eficiências de remoção que a montante do tratamento biológico.

## **E – Lamas Activadas**

Os sistemas de lamas activadas são constituídas por um reactor biológico seguido de decantação, com ou sem recirculação de lamas.

Os reactores biológicos, consoante o seu volume são em tanque em betão armado ou em lagoas arejadas. A decantação também poderá ser efectuada em decantador em betão armado, com ou sem ponte raspadora, ou em lagoas de sedimentação. Como regra geral, são instalados poços de bombagem para recirculação de lamas.

Nestes sistemas encontraram-se eficiências de remoção que variam entre os 11% e os 66% na CQO e entre os 50% e os 64% na CBO<sub>5</sub>.

Devido às elevadas concentrações em azoto no efluente final, em alguns dos sistemas de lamas activadas, foi instalado o processo de desnitrificação, normalmente constituído por um tanque à cabeça do reactor biológico e uma recirculação interna.

As eficiências de remoção apresentadas variam entre os 58% e os 78% na remoção da CQO, e entre os 75% e os 94 % na remoção da CBO<sub>5</sub>. Ao nível da remoção de SST e SSV, este processo de tratamento alcança uma eficiência de 86% e 82%, respectivamente. No azoto total a eficiência de remoção varia entre os 45% e os 94%.

No caso de tratamentos por lamas activadas e unidade de osmose inversa, o processo de separação das lamas, do líquido secundário é realizado pelo pré-tratamento da unidade de osmose inversa, no caso de esta ser composta por um filtro de cartucho e um módulo de ultrafiltração.

Este tratamento atinge valores de remoção na ordem dos 37% na CQO e de 17% na CBO<sub>5</sub>. Ao nível da eficiência de remoção dos SST, estes variam entre os 76% e os 97%, atingindo uma eficiência de 98% nos SSV. Relativamente à remoção do azoto total e nitratos atingem-se eficiências de remoção de 57% e de 29%, respectivamente.

As elevadas eficiências de remoção de SST e de SSV neste tratamento, deve-se ao módulo de ultrafiltração, que alcança melhores níveis de separação de sólidos da fase líquida. Ao nível da eficiência de remoção do azoto total, tanto este processo, como o tratamento por nitrificação - desnitrificação com decantador biológico, atingem valores comparáveis.

## **F – Filtro EPI**

O tratamento por Filtro EPI apresenta eficiências de remoção em CQO que variam entre os 47% e os 66%, e de SST, que variam entre os 55% e os 73%. O Filtro EPI poderá assim ser considerado como um órgão adicional ao tratamento biológico.

## **G – Lagoas de Macrófitas**

O tratamento por lagoa de macrófitas é utilizado nas estações de tratamento como um possível processo para afinação do afluente final.

Este processo alcança eficiências de remoção que variam entre os 7% e os 12% na CQO, os 25% e os 43% na CBO<sub>5</sub>, os 13% e os 53% nos SST e entre os 2% e os 44% nos SSV. O azoto total é o parâmetro onde este processo é mais eficaz, com uma eficiência de remoção que atinge os 67%.

#### 4. RECOMENDAÇÕES

Os resultados analíticos e a avaliação realizada ao efluente das ETAL visitadas, demonstraram uma grande variabilidade quantitativa e qualitativa das águas lixiviantes. De acordo com as análises laboratoriais efectuadas encontraram-se valores da CQO desde os 300 mg/l até aos 24 000 mg/l. A relação CQO/CBO<sub>5</sub> é também variável pelas razões atrás indicadas, encontrando-se rácios de 3 a 7.

De modo a diminuir as concentrações da CQO, bem como as de outros parâmetros que actualmente são responsáveis pelo incumprimento dos valores limite de emissão, como o azoto total e os nitratos, deve-se continuar a promover as políticas de triagem na fonte e o encaminhamento da matéria orgânica dos resíduos para estações de valorização orgânica.

O hábito indevido de operar os aterros em grandes células expostas à precipitação, tem provocado um caudal elevado de águas lixiviantes a tratar, que ultrapassa muitas vezes a capacidade de tratamento das ETAL. Torna-se assim necessário a regularização dos caudais a montante do tratamento.

A regularização deverá ser feita em lagoas com capacidade para encaixar os caudais extremos e para garantir um caudal constante a jusante. As lagoas deverão ser arejadas para evitar que se tornem anaeróbias e, conseqüentemente, fonte de odores.

Ao operar-se o aterro com uma pequena área exposta, serão reduzidos os caudais afluentes, podendo vir a substituir-se as lagoas de regularização por tanques fechados a instalar na periferia do aterro, conforme verificado na Alemanha.

Em muitos projectos de ETAL consultados, verifica-se que para o cálculo do arejamento foram utilizados parâmetros próprios às águas residuais domésticas, assim como foram assumidas as eficiências de redução da CQO e da CBO<sub>5</sub> que se verificam naquelas águas.

No entanto, devido à baixa biodegradabilidade das águas, com uma parcela de CQO que não se remove por processos bioquímicos, as eficiências de remoção assumidas em projecto (na ordem dos 97%) não estão a ser alcançadas nos parâmetros CQO e CBO<sub>5</sub>, não garantido assim o cumprimento dos VLE.

Caso a descarga seja feita num colector, o tratamento por nitrificação, para aqueles parâmetros, poderá ser suficiente. Caso seja feita em linha de água, terá que complementar-se o tratamento biológico.

Relativamente à desnitrificação, necessária à redução do azoto total e dos nitratos, em todas as estações foi adoptado o processo pré-anóxico, isto é, construção de um tanque anóxico à cabeça e instalação de um circuito de recirculação interna.

Os resultados das análises laboratoriais demonstram que este sistema não é satisfatório, pois as concentrações daqueles parâmetros ultrapassam os VLE. Verifica-se que nem todo o azoto amoniacal é nitrificado, nem todos os nitratos são desnitrificados.

Para melhorar este processo haverá que garantir níveis de oxigénio no arejamento acima dos 2 mg/l, e efectuar a recirculação interna em contínuo, com um caudal três a quatro vezes o caudal diário médio. Em complemento a estas medidas, poderá ser necessário adicionar uma fonte de carbono, como o metanol, no tanque anóxico, situação verificada na ETAL de Hannover.

Os processos físicos e químicos são propostos, ou a montante dos biológicos com vista à redução das cargas afluentes ao reactor, ou a jusante, de forma a promover a sedimentação de flocos e partículas sólidas não retidas no decantador biológico. As instalações com processos a jusante têm mostrado uma melhor eficiência.

Para afinação do efluente secundário têm sido utilizadas em Portugal unidades de osmose inversa e lagoas de macrófitas.

As unidades de osmose inversa têm uma eficiência comprovada ao nível da COO, CBO<sub>5</sub>, SST e SSV. Relativamente ao azoto total e nitratos, detectaram-se muitas instalações onde estes valores ultrapassam os VLE. Em consequência, a montante da osmose inversa deve ser instalada a nitrificação-desnitrificação para redução das cargas afluentes à osmose inversa. No entanto a que realçar que o cumprimento dos VLE ao nível destes parâmetros para o processo da osmose é função das suas concentrações no afluente à estação.

A afinação através de lagoas de macrófitas, embora apresentem uma elevada eficiência, não conseguem observar os VLE para descargas em linhas de água. São um processo recomendado para descargas em colectores, mas haverá que tolerar concentrações em azoto e nitratos superiores às vulgarmente estabelecidas.

A afinação do efluente secundário através de ultrafiltração seguida de carvão activado não tem sido proposta em Portugal. É, contudo, um processo comprovado, alternativo ao da osmose inversa e que pode ser aplicado, mesmo quando estão instalados a montante processos físicos e químicos.

As lamas biológicas e químicas, desidratadas ou não, assim como o concentrado da osmose inversa são, nas estações estudadas, descarregadas no aterro sanitário que servem.

Atendendo às análises laboratoriais efectuadas e considerando a legislação Portuguesa para a descarga de resíduos em aterro, nem as lamas, nem o concentrado podem ser descarregados no aterro, devido essencialmente a percentagem em humidade e a concentração em azoto, nitratos e azoto amoniacal, e em alguns casos as elevadas concentrações em metais pesados.

As lamas e o concentrado deverão ser encaminhadas para instalações para resíduos industriais perigosos, ou em alternativa deverão ser tratadas em instalações de inertização, que poderão servir mais que um aterro.

O tratamento por evaporação múltipla, poderá ser considerado como um processo a ter em conta em futuros aterros ou mesmo na ampliação de algumas ETAL.

O processo de evaporação múltipla recorre ao biogás do aterro como fonte de energia principal para aquecimento da caldeira que propicia a energia térmica necessária à evaporação. Os cálculos efectuados mostram, contudo, que deverá existir uma fonte de combustível complementar, pois que o biogás só por si é insuficiente. Esta insuficiência será ainda mais relevante à medida que não se conduzir ao aterro a fracção orgânica dos RSU. O efluente gasoso é tratado antes de ser descarregado na atmosfera. O concentrado é descarregado no aterro ou encaminhado a tratamento em unidade para resíduos industriais.

Já após a conclusão deste estudo, entrou em serviço uma nova ETAL, em Mirandela, que funciona no processo de evaporação seguida de condensação.

Não se tendo ainda visitado a instalação, nem tendo tido acesso aos resultados das análises laboratoriais ao efluente e ao ar, não nos é possível apresentar, por enquanto, quaisquer conclusões relativas à eficácia e ao custo de operação.