

Proyecto AQUALITRANS

Guia de soluções tecnológicas para a eficiência das ETAR



Atividade 1	Contexto das ETAR na Euro região
Ação	Soluções tecnológicas para a eficiência das ETAR
Tarefa	Guia de soluções tecnológicas para a eficiência das ETAR
Código	A1.3

Dezembro de 2017

Versão 4

INDICE

1	INTRODUÇÃO	4
2	ANÁLISE DAS SOLUÇÕES	4
2.1	VARIADORES DE FREQUÊNCIA	5
2.1.1	Uso de variadores de frequência	5
2.2	MOTORES ELÉTRICOS	11
2.2.1	Substituição por motores de alta eficiência	11
2.2.2	Substituição de motores avariados por motores de alta eficiência	17
2.2.3	Substituição dos motores sobredimensionados	20
2.3	BOMBAS	23
2.3.1	Substituição das bombas sobredimensionadas	23
2.4	PROCESSOS DE AREJAMENTO	26
2.4.1	Implementação de tecnologias de arejamento por difusão	26
2.4.2	Substituição de difusores por difusores de alta eficiência	29
2.4.3	Limpeza do circuito de arejamento	34
2.4.4	Substituição de difusores avariados ou com perda de rendimento	37
2.4.5	Mudança na configuração e número de difusores	41
2.4.6	Separação do método de arejamento da agitação	43
2.4.7	Aplicação de tecnologias de compressores mais eficientes	46
2.4.8	Redimensionamento dos compressores	51
2.4.9	Sistemas de controlo para o sistema de arejamento	53
2.5	SISTEMA DE DESINFEÇÃO ULTRAVIOLETA	57
2.5.1	Regulação do sistema de desinfeção ultravioleta	57
2.5.2	Utilização de lâmpadas UV de baixa pressão	58
2.6	SISTEMA DE DESODORIZAÇÃO	60
2.6.1	Automação do sistema de desodorização	60
2.7	TECNOLOGIAS RENÓVAVEIS E APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RESIDUAIS DO PROCESSO	63
2.7.1	Cogeração	63
2.7.2	Codigestão	69

2.7.3	Isolamentos dos digestores	74
2.7.4	Injeção na rede do biogás gerado	76
2.7.5	Motores a gás	78
2.7.6	Secagem solar de lamas	79
2.7.7	Minieólica	81
2.7.8	Energia Solar Fotovoltaica	86
2.7.9	Aproveitamento da energia hidráulica	92
2.8	ILUMINAÇÃO	94
2.8.1	Melhoria do sistema de iluminação	94
2.9	SISTEMA DE GESTÃO DE MONITORIZAÇÃO ENERGÉTICA	97
2.9.1	Plataforma de monitorização e supervisão energética	97
2.10	AJUSTE DA POTÊNCIA CONTRATADA	101
2.10.1	Ajuste da potência contratada	101
2.10.2	Deslocamento de carga para períodos tarifários mais económicos	103
2.10.3	Ajuste do fator de potência	105
3	SOLUÇÕES INOVADORAS APLICADAS NA ATUALIDADE	108
3.1	MAXIMIZAÇÃO DA CAPTIURA DE SÓLIDOS E MATÉRIA ORGÂNICAS NA DECANTAÇÃO PRIMÁRIA	109
3.2	TRATAMENTOS BIOLÓGICOS INOVADORES	110
3.2.1	Tratamento anaeróbio UASB	110
3.2.2	Tratamento dos licores sobrenadantes e dos filtrados do tratamento lamas	110
3.3	TRATAMENTOS DE LAMAS PRÉVIOS À DIGESTÃO ANAERÓBIA	112
3.4	HIDROLISE TÉRMICA DAS LAMAS	114
3.5	TRATAMENTOS ELÉTRICOS	115
3.6	PARÂMETROS DE CONTROLO DE PROCESSO DE AREJAMENTO DOS REATORES AERÓBIOS	116
3.7	CONTROLO DE PROCEDIMENTOS DE AREJAMENTO POR PARÂMETROS DE AMONÍACO, NITRATO E NITRITO	118
3.8	AGITAÇÃO DOS REATORES BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS E ANÓXICOS	119
3.9	SOLUÇÕES DESCENTRALIZADAS	120
4	FONTES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

1 INTRODUÇÃO

O Guia de Soluções Tecnológicas para Eficiência nas ETAR faz parte do projeto AQUALITRANS com o objetivo de incorporar o conhecimento tecnológico existente em matéria de gestão e de operação eficiente numa ETAR a qual demonstrou eficácia e poder ser utilizada no seu estado de desenvolvimento atual.

Para a elaboração do guia, foi realizado um importante trabalho documental no qual consistiu na coleta, análise e identificação daquelas soluções que permitam otimizar o funcionamento dos equipamento e processos para se obter melhores rendimentos no tratamento e menores consumos energéticos e de emissões de CO₂. O Guia pretende ser um documento que sirva de referência às entidades gestoras das ETAR para em primeiro lugar identificar potenciais medidas de melhoria que podem ser aplicadas nas suas instalações, em segundo lugar, poder dispor da informação útil sobre como se deve avaliar a viabilidade técnico-económicas na implementação das diferentes medidas de melhoria avaliadas. O Guia se estrutura em dois grandes capítulos: Análise de soluções de melhoria da eficiência das ETAR atualmente em funcionamento e a Análise de soluções inovadoras que, todavia, não dispõem de um grau elevado de penetração no cômputo geral das ETAR.

2 ANÁLISE DAS SOLUÇÕES

Nesta secção se detalha cada uma das soluções analisadas, expondo o contexto em que se situa, o objetivo da mesma, os processos e equipamentos da instalação afetados pela medida, os casos de aplicação para os quais a medida resulta ser adequada, assim como as poupanças energéticas que advém e os casos de referência que adaptaram essa medida. Algumas das medidas desenvolvidas incidem diretamente na poupança energética, especialmente no uso de sistemas mais eficientes. Mas também se propõem medidas relacionadas com a valorização energética dos resíduos gerados, que é um dos grandes desafios que estas instalações enfrentam e as poupanças puramente económicas relacionadas fundamentalmente com uma gestão correta da faturação elétrica. As poupanças propostas se estabeleceram a partir de estratégias de cálculo, mas também na base de casos analisados bem-sucedidos. Uma vez que a casuística de cada instalação é diferente, a avaliação das poupanças obtidas em cada caso particular deve realizar-se mediante a comparação dos consumos antes e depois da implementação da medida. Para tal, é imprescindível projetar e implementar um correto sistema de medição e controlo que afetará positivamente na gestão da estação. Finalmente, se apresentam os casos de referência das estações que implementaram com êxito as medidas descritas e cuja a experiência pode servir como guia no desenvolvimento das mesmas.

2.1 VARIADORES DE FREQUÊNCIA

2.1.1 Uso de variadores de frequência

2.1.1.1 Contexto

Os variadores de frequência podem ser utilizados numa grande gama de aplicações, sendo as mais comuns aquelas aonde é necessária uma velocidade variável na operação.

Uma grande parte dos motores acoplados aos equipamentos de uso industrial foram projetados para funcionar a velocidade constante, este fato não implica qualquer problema quando as condições de operação são constantes, mas em situações nas quais se verificam condições variáveis, a eficiência energética do sistema pode ser reduzida.

Nas ETAR existem equipamentos como bombas, ventiladores e sopradores, etc. que as vezes são projetados para funcionar à velocidade constante, de modo que se for necessário a variação do seu caudal se deverá realizar o ajuste do fluxo por meio de dispositivos de estrangulamento, circuitos de *bypass* ou mediante paragens contínuas. Estes métodos aumentam as perdas de carga ou consomem energia desnecessária, com a utilização de um variador de frequência acoplado ao motor se poderá evitar estas perdas. Além disso nas ETAR é também comum que haja motores trabalhando a uma velocidade superior à necessária para sua correta operação. Em ambos casos, o uso de variadores, é recomendado para a redução do gasto energético.

Na seguinte figura se representa graficamente a energia requerida (azul) e a energia desperdiçada (vermelho) para diferentes estratégias de controlo para o ajuste do caudal.

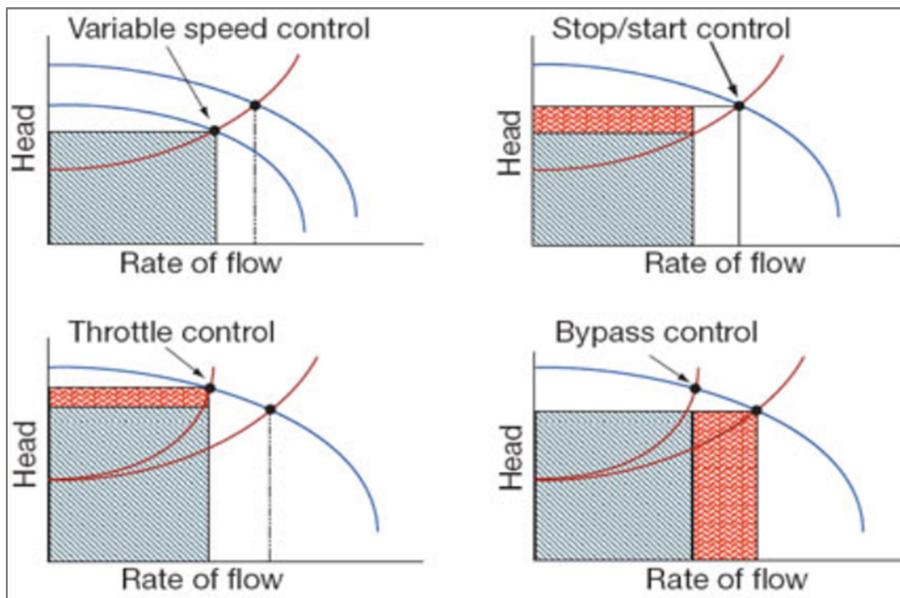


Figura 1: Estratégias de ajuste do fluxo com variador de frequência, arranque/paragem, estrangulamento ou bypass

2.1.1.2 Objetivo

A instalação de variadores de frequência nos motores os quais o controlo da velocidade pode trazer uma minimização dos consumos energéticos.

2.1.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas.

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os motores elétricos com necessidade de controlo de velocidade de quaisquer dos processos anteriores.

2.1.1.4 Casos de aplicação

Existem duas situações em que esta medida poder aplicada:

- a) Motores acoplados a bombas, ventiladores ou ventiladores cuja regulação de caudal se realiza mediante estrangulamento, bypass ou mediante arranque/paragem.
- b) Motores cuja velocidade se pode diminuir sem afetar a sua operação.



Figura 2: Variadores de frequência para a regulação de caudal de bombas de recirculação na ETAR de Ribadumia.

2.1.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Nos casos contemplados no ponto anterior será necessário conhecer:

- Horas de funcionamento do motor;
- Potência nominal e fator de carga
- Parâmetros hidráulicos
- Características do motor
- Características do variador
- Preço da energia elétrica e incremento anual

2.1.1.6 Poupança energética

Se pode chegar a alcanzar poupanças até 50% com a implementação desta solução

Para o cálculo da poupança de energia, as leis de similaridade ajudam a prever o comportamento de uma máquina. A partir dessas leis, segue-se que:

- Os caudais são diretamente proporcionais às velocidades angulares:

$$Q_f = Q_0 \left(\frac{n_f}{n_0} \right)$$

- As alturas úteis são diretamente proporcionais aos quadrados das velocidades angulares:

$$H_f = H_0 \left(\frac{n_f}{n_0} \right)^2$$

- As potências úteis são diretamente proporcionais à função cúbica das velocidades angulares:

$$P_f = P_0 \left(\frac{n_f}{n_0} \right)^3$$

A utilização de variadores de frequência para o controlo do fluxo, invés de se utilizar outras estratégias de operação como o controlo mediante válvulas de estrangulamento, técnica comum nas indústrias, proporciona poupanças energéticas muito significativas e, portanto, poupanças económicas muito importantes.

Na seguinte figura se pode observar uma análise da energia poupada numa bomba utilizando variadores de frequência invés de um sistema de regulação de caudal mediante a utilização de uma válvula.

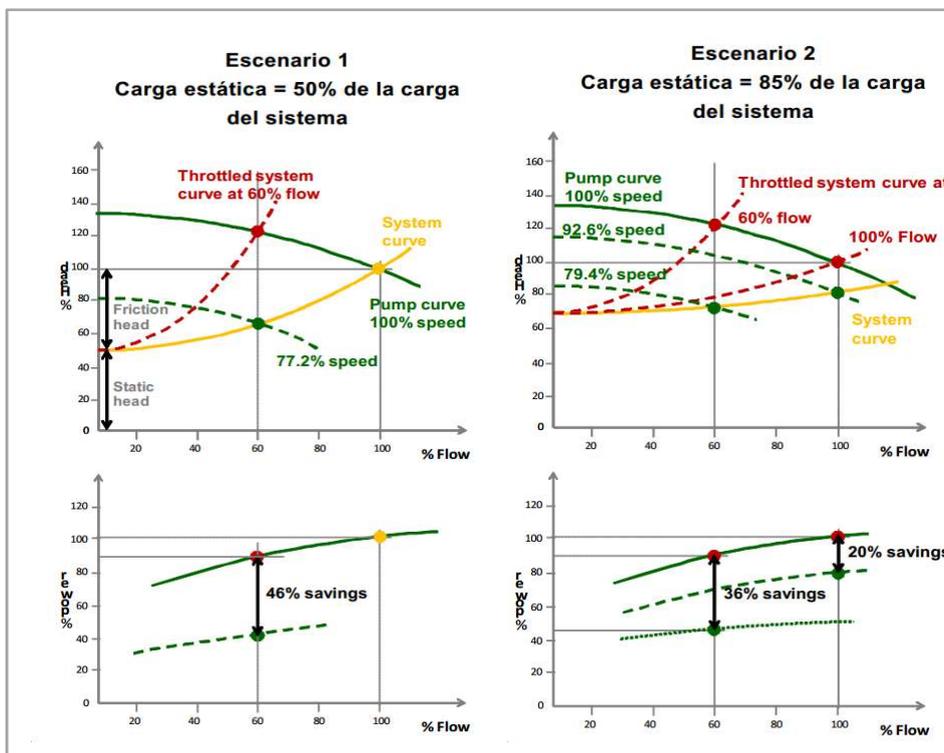


Figura 3: Poupança energética mediante a utilização de variadores a diferentes pressões estáticas.

Fonte Schneider

2.1.1.7 Casos de referência

A ETAR de Cartuja implementou variadores de frequência a diferentes elementos no ano de 2016, os quais aumentaram a eficiência da ETAR, foi conseguido ajustar a potência e o consumo elétrico, aos caudais reais do processo. A poupança de energia calculada com a implementação destes variadores de frequência foi de 885 000 kWh/ano.

A ETAR de Bens, na Corunha, conta com um sistema de fornecimento de ar composto 5 ventiladores, um deles de reserva, de 7 500 m³/h por unidade para 9 mca, dois deles adotados com variadores de frequência, para a otimização energética do sistema.

Outras ETAR que também implementaram esta solução são por exemplo:

Espanha

- ETAR de Chantada
- ETAR Ricao
- ETAR Xinzo de Limia
- ETAR Burgos
- ETAR Guadalate

Portugal

- ETAR Freixo

2.2 MOTORES ELÉTRICOS

2.2.1 Substituição por motores de alta eficiência

2.2.1.1 Contexto

Uma grande parte dos equipamentos das ETAR utilizam motores para seu funcionamento. As bombas, os ventiladores, os circuladores, agitadores, etc. são equipamento acionados por motores elétricos, que funcionam de forma contínua ou quase contínua neste tipo de instalações industriais.

Classes de Eficiência Energética

A IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional) publicou normas IEC 60034-30 para a harmonização das classes das eficiências dos motores, estabelecendo as classes IE (International Efficiency) para motores desde 0,75 até 375 kW.

A classificação estabelecida é a seguinte:

- IE1: eficiência padrão (comparável com antiga EFF2).
- IE2: alta eficiência (comparável com antiga EFF1).
- IE3: eficiência premium.
- IE4: eficiência super premium.

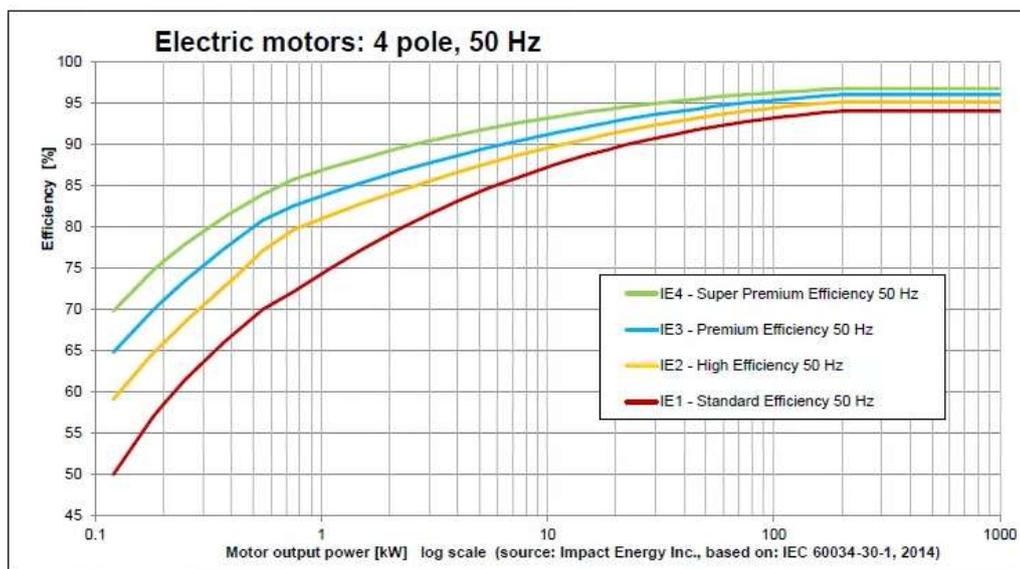


Figura 4: Eficiência dos motores em função da potência e da categoria. IEC 60034-30-1

A substituição dos motores por motores de maior eficiência, representa uma diminuição do consumo energético dos mesmos e devido ao elevado número de horas/ano de funcionamento, em muitas ocasiões esta redução de custos compensa o investimento realizado. Desde 01/01/2017 (de acordo com Regulamento (CE) 640/2009), só é permitido instalar motores IE3 em potência desde 0,75 a 375 kW ou como alternativa motores IE2 acionados por variadores de frequência.

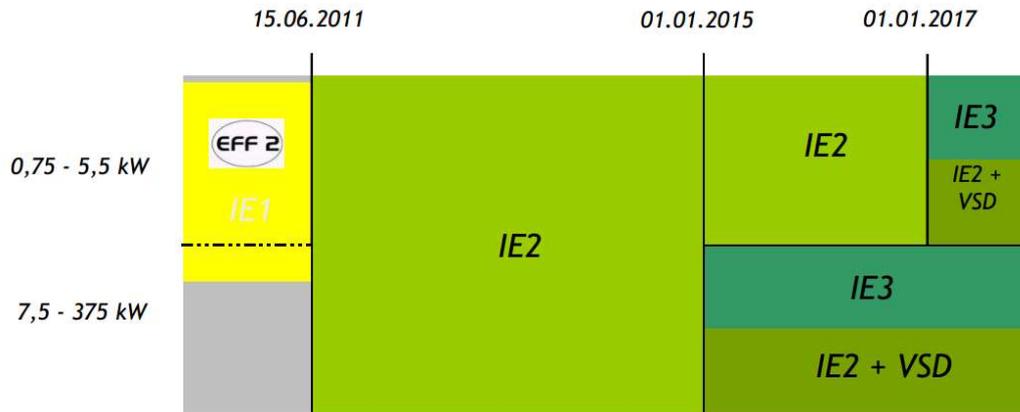


Figura 5: Classes de eficiência de novos motores a instalar segundo o Regulamento CE 640/2009

2.2.1.2 Objetivo

A substituição de motores por outros de maior eficiência naqueles casos em que as poupanças proporcionadas justifiquem o investimento.

Para avaliar o retorno económico derivado da substituição de um motor por outro se deve ponderar os custos do ciclo de vida do motor, nos quais se incluem os custos de energia, manutenção e de investimento.

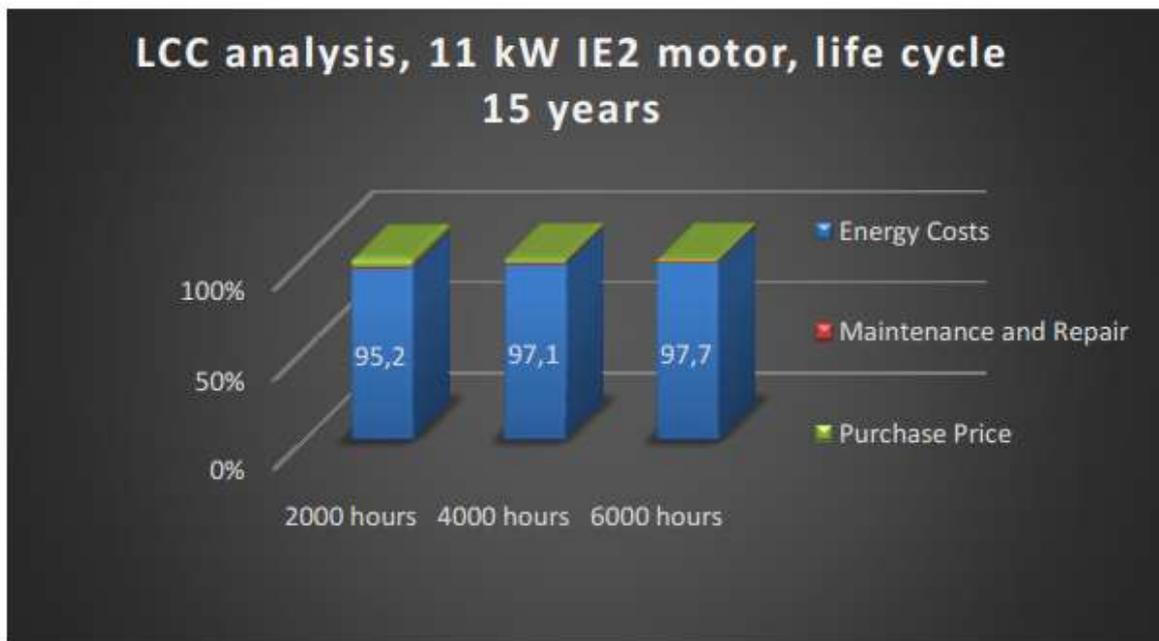


Figura 6: Análise dos custos do ciclo de vida. Fonte “Almeida, Ferreira, Fong & Fonseca, 2008).

Existem muitos motivos para avaliar a substituição de um motor: antiguidade, sobredimensionamento, má manutenção, etc. Quando se avalia a substituição de um motor exclusivamente por um com maior eficiência as principais motivações a ter em linha de conta no momento da avaliação da necessidade de substituir um motor são:

- Sobredimensionamento. Em muitos casos, mais especificamente nas ETAR com grande frequência, se utilizam critérios de robustez para o dimensionamento dos equipamentos, que estão ligados diretamente ao aumento da ineficiência energética devido a que o motor trabalha fora do seu regime de nominal um grande número de horas. O rendimento de um motor baixa consideravelmente quando a sua carga é inferior a 50%.
- Antiguidade. Um motor antigo em operação sofre uma perda do seu desempenho inicial, com o consequente aumento do consumo de energia. Normalmente, os motores antigos realizam manutenção a qual envolve o seu rebobinamento. Considera-se que após 2 ou 3 rebobinagens a eficiência de um motor pode diminuir em 2%.
- Eficiência. Atendendo a critérios de melhoria do rendimento energético do motor

2.2.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável aos seguintes processos da ETAR

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

2.2.1.4 Dados principais necessários para avaliação da medida

Para quantificar a poupança de uma forma fiável é necessário dispor de profissionais qualificados e de equipamento de medida precisos e direcionados para a análise do rendimento de um motor, condições estas que não são fáceis de se encontrar.

Por este motivo, em muitos casos, a avaliação do rendimento do motor existente deve-se realizar com base de dados estimados obtidos das placas características, informação do pessoal de manutenção sobre as rebobinagens efetuadas e informação dos fabricantes.

Os dados que se devem ter em conta para fazer avaliação da medida são:

- Dados técnicos:
 - o Potência nominal do motor.
 - o Vida útil.
 - o Voltagem e frequência.
 - o Número de polos.
 - o Rendimento nominal.
- Dados de funcionamento:
 - o Perfil de carga.
 - o Curva de rendimento em função do perfil de carga.
 - o Horas de funcionamento.
 - o Nº de rebobinados.
- Dados económicos.
 - o Custo da energia elétrica.
 - o Custo de manutenção.
 - o Taxa de evolução dos preços da energia.

- Taxa de evolução do custo de manutenção.
- Investimento inicial.

2.2.1.5 Poupança energética

Se pode chegar a poupanças até 12% com a implementação desta solução.

2.2.1.5.1 Método de cálculo

Para o cálculo da poupança energética é necessário conhecer:

O cálculo da poupança energética (kWh) deve se aplicar a seguinte fórmula:

$$\text{Poupança energética (kWh)} = \text{Consumo actual (kWh)} - \text{Consumo futuro (kWh)}$$

$$\text{Consumo actual} = \frac{P_{\text{actual}} * h * FC}{\eta_{\text{actual}}}$$

- (a) Se se modifica a potencia do motor futuro: $\text{Consumo futuro} = \frac{P_{\text{propuesta}} * h * FC}{\eta_{\text{futuro}}}$
- (b) Se não se modifica a potência do motor atual: $\text{Consumo futuro} = \text{consumo actual} * \frac{\eta_{\text{actual}}}{\eta_{\text{futuro}}}$

sendo,

P: Potência instalada motor (kW)

h: Número de horas anuais de funcionamento.

FC: Fator de carga (%).

η : Rendimento do motor.

2.2.1.5.2 Medidas em campo

Tabela 1. Equipamento de medida recomendada

Equipamentos de medida	Parâmetros medidos
Pinça amperimétrica	Medida da potência e estimativa dos restantes de parâmetros
Analizador de redes	Medida do consumo atual durante um período limitado. Estimativa para um período de um ano.
Equipamento específico de medida motores	Medida de todos os parâmetros de funcionamento do motor (potência, horas, fator de carga, rendimento)

2.2.1.5.3 Casos de aplicação

Se recomenda a substituição por motores de alta eficiência nos seguintes casos:

- Motores entre 0,75- 15kW com classe eficiência IE1 e mais de 4 000h de funcionamento.
- Motores superiores a 15kW com classe eficiência IE1 e mais de 5 000h de funcionamento.
- Motores com classe de eficiência IE2 e mais de 8 000h de funcionamento.

Tabela 2. Quadro resumo dos casos de aplicação de substituição de motores

Gama de potência de motores a avaliar	Classe eficiência motor atual	Nº horas mínima (h/ano)
Motores entre 0,75 – 15 kW	IE1	4 000 h
Motores > 15kW	IE1	5 000h
Motores de todas gamas potência	IE2	8 000h

Há que destacar que no caso dos motores que não disponham de variador de velocidade e a sua instalação seja interessante, é recomendável priorizar o investimento de um variador invés de um motor.

2.2.1.6 Casos de referência

A ETAR de Arroyo de Quiñones tem implementado nas suas instalações motores de alta eficiência tipo IE4, quatro deles são para o acionamento dos ventiladores 160 kW, que fornecem ar aos processos biológicos e outros processos, outros três para ventiladores acionados por motores de 15 kW. Além disso, outros quatro motores são utilizados para o acionamento nas bombas de recirculação de lamas de 15 kW.

Outras ETAR que implantaram esta solução são, por exemplo: ETAR de Altea e Pinedo.

2.2.2 Substituição de motores avariados por motores de alta eficiência

2.2.2.1 Contexto

Como se explicou no ponto anterior, um número importante de equipamentos das ETAR utiliza motores para o seu funcionamento. A substituição por motores de maior eficiência, uma vez que seja necessária sua substituição, supõe uma diminuição no consumo energético de toda a instalação e é usual que a redução de custos compense a diferença do investimento realizado.

Além disso, desde 01/01/2017 (de acordo com o Regulamento (CE) 640/2009) só é permitido instalar motores IE3 nas potências desde 0,75 a 375 kW ou como alternativa, motor IE2 acionado por variador de frequência.

Esta medida é muito semelhante à anterior, com a diferença de que, no caso anterior, as alterações foram propostas em qualquer momento do ciclo de vida do motor, nesta a substituição ocorre quando existe uma avaria nos motores no qual é necessário a mudança deste.

2.2.2.2 Objetivo

A substituição dos motores por outros de maior eficiência energética, no final dos seus respetivos ciclos de vida.

Na hora de selecionar um motor que substitua um avariado, deve valorizar-se não só o custo do investimento inicial, como também os custos de manutenção e do consumo ao longo do seu ciclo de vida.

Entre as vantagens de optar por um motor IE3 ou superior, além da poupança derivada de um menor consumo, estão:

- Se reduz o aumento da temperatura do motor, deste modo ocorrem menos perdas, aumentando assim a sua vida útil.

- Permite operações em regimes intermitentes, com pico de carga superiores ao nominal.
- Têm maior reserva de potência para operar em ambientes com temperaturas superiores a 40°C e em zonas de altitudes superiores.
- São mais adequados nas aplicações com variadores de frequência.
- Reduzido custo de manutenção.

2.2.2.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

2.2.2.4 Casos de aplicação

A diferença de custos entre IE2, IE3 e IE4 é pouco significativa em comparação com a redução dos custos energéticos que podem implicar nestes casos. A partir das 2000 horas de funcionamento se produzem amortizações atrativas (entre 0,5 e 2,5 anos) ao instalar um motor mais eficiente, nos casos donde a substituição do motor têm se que realizar por cessação de funcionamento. Para valores inferiores a 2000 horas de funcionamento se recomenda uma análise mais profunda.

2.2.2.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem ter em linha de conta para fazer a avaliação da medida são:

- Dados técnicos
 - Potência nominal do motor
 - Vida útil
 - Voltagem e frequência
 - Número de polos
 - Rendimento nominal
- Dados de funcionamento
 - Perfil de carga



- Curva de rendimento em função do perfil de carga
- Horas de funcionamento
- Nº de rebobinagens

- Dados económicos

- Custo da energia eléctrica
- Custo de manutenção
- Taxa de evolução dos preços da energia
- Taxa de evolução do custo de manutenção
- Investimento inicial

2.2.2.6 Poupança Energética

Se podem alcançar poupanças até 10% com a implementação desta solução, em função das características dos motores substituídos.

O cálculo da poupança esperada se realizará de forma análoga a Medida 2.2, aplicando a formula:

$$Poupança\ atual\ (kWh) = Consumo\ atual\ (kWh) - Consumo\ futuro\ (kWh)$$

(a) Se se modifica a potência do motor futuro: $Consumo\ futuro = \frac{P_{Proposta} * h * FC}{\eta_{futuro}}$

(b) Se não se modifica a potência do motor atual: $Consumo\ futuro = consumo\ atual * \frac{\eta_{atual}}{\eta_{futuro}}$

sendo,

P: Potência instalada no motor (kW)

h: Número de horas de funcionamento anuais

FC: Fator de carga (%)

η : Rendimento do motor

Por outro lado, para escolher entre vários motores, se terá que avaliar o desempenho de cada um e o consumo esperado em cada caso, para estabelecer se o investimento feito em um motor de maior eficiência se recupera num prazo razoável.

Por exemplo, se comparar um motor de 90 kW de 4 polos, de acordo com a IEC-60034-30:

Tabela 3. Comparação entre motores 90 kW

	Rendimento Padrão	Horas funcionamento	Consumo anual esperado kWh	Custo anual
IE2	94,20%	8.500	812.102	97.450 €
IE3	95,20%	8.500	803.571	96.428 €

Assumindo um preço da energia elétrica de 0,12 €/kWh, a poupança anual conseguida será de 1022 €. Tendo em linha de conta que as diferenças do preço entre ambos motores estão na ordem dos 2000 €, ao investimento se recuperará aproximadamente em dois anos e neste caso a compra de um motor mais eficiente estaria mais que justificada.

No caso da diminuição das horas de trabalho do motor, se observa que, se o mesmo motor estivesse um horário de funcionamento muito menor, 500 horas/ano, a poupança baixaria a 60 €/ano. O período de retorno do investimento seria superior a 20 anos.

2.2.2.7 Casos de referência

Entre as ETAR que implementaram esta solução se encontram: ETAR Altea e ETAR Orihuela

2.2.3 Substituição dos motores sobredimensionados

2.2.3.1 Contexto

É habitual encontra-se na indústria motores sobredimensionados para o trabalho que realizam. Durante a fase de projeto se tenderá a sobredimensionar estes equipamentos com objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas e também para reduzir riscos no cálculo e seleção, em muitos dos casos estas medidas não são justificadas. Existem estudos que indicam atualmente que pelo menos um terço dos motores na indústria está sobredimensionado. Os motores que funcionam com fatores de carga baixos apresentam um decréscimo significativo no rendimento, o qual diminui exponencialmente.

2.2.3.2 Objetivo

A substituição daqueles motores que se encontram sobredimensionados, sempre e quando seu sobredimensionamento seja de uma magnitude suficiente para afetar no rendimento.

2.2.3.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento primário
- Tratamento secundário
- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os motores elétricos com necessidade de controlo de velocidade de quaisquer dos processos anteriores.

2.2.3.4 Casos de aplicação

Como nas propostas anteriores, é necessário analisar a substituição dos motores que trabalham mais de 2000 horas anuais e que funcionam com uma carga de menos de 50% da sua potência nominal.

Quando estes motores estão significativamente sobredimensionados se recomenda substituir por motores da potência adequada e de maior eficiência.

Quando estes motores estão apenas moderadamente sobredimensionados se recomenda substituir, uma vez que deixem de funcionar.

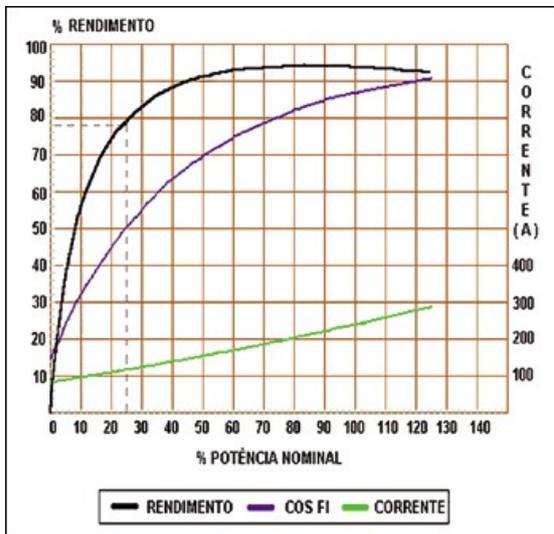
2.2.3.5 Dados principais necessários para a avaliação da medida

Os dados que se devem ter em linha de conta para fazer uma avaliação da medida são:

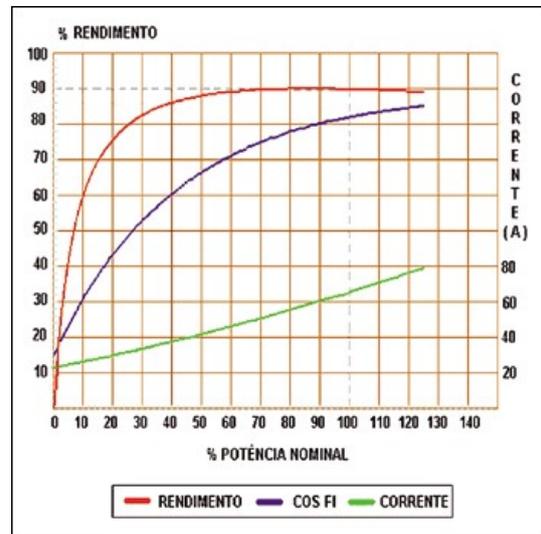
- Horas de funcionamento
- Carga do motor
- Eficiência do motor à carga de funcionamento
- Características do motor
- RPM à máxima carga
- Tensão, intensidade e fator de potência
- Custo da energia elétrica

2.2.3.6 Poupança energética

Podem chegar a se alcançar poupanças até 25% com a implementação desta solução, sempre dependendo das características do motor substituído e do novo. Os motores sobredimensionados trabalham num ponto aonde o rendimento e o fator de carga não são ótimos. Por exemplo, um motor de 100 kW operando apenas a 25% da carga, ou seja, fazendo um trabalho de um motor de 25 kW. O rendimento do motor é de aproximadamente 78% e seu fator de potência é cerca de 0,05.



Motor 100 kW



Motor 25 kW

Figura 7: Curvas de rendimento dos motores de 100 kW vs 25 kW. Fonte WEG

Se assumir a curva do motor adequado, de 25 kW trabalhando a 100%, o rendimento e o fator de potência estão em pontos otimizados, sendo respetivamente 90,1% e 0,901.

Calculando de uma forma aproximada o consumo esperado por hora de trabalho para cada um:

$$P_{100} = 100 \text{ kW} \times 0,25 / 0,78 = 32,05 \text{ kWh}$$

$$P_{25} = 25 \text{ kW} \times 1 / 0,901 = 27,75 \text{ kWh}$$

É dizer, neste caso se obteria uma poupança energética de 13,5%. Além disso, a melhoria do fator de potência diminui o consumo de energia reativa da estação.

2.2.3.7 Casos de referência

Entre as ETAR que implementaram esta solução se encontra, por exemplo, a ETAR Murcia.

2.3 BOMBAS

2.3.1 Substituição das bombas sobredimensionadas

2.3.1.1 Objetivo

É habitual encontrar-se os sistemas de bombagem sobredimensionados para o caudal e altura manométrica necessária.

Durante a fase de projeto se tende a sobredimensionar com o objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas, de reduzir os riscos no cálculo e na seleção, assim como para proporcionar maior robustez do sistema. Esta situação supõe que as bombas trabalhem normalmente nos pontos ótimos de funcionamento.

2.3.1.2 Objetivo

Adequar os equipamentos de bombagem às condições requeridas com objetivo de que trabalhem em pontos ótimos de funcionamento.

2.3.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Estações de bombagem de diversos processos

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são as bombas.

2.3.1.4 Casos de aplicação

A ETAR com consumos elevados na bombagem da água e das lamas devido ao sobredimensionamento dos equipamentos.

A utilização de variadores de frequência é uma opção a considerar, no caso do perfil de caudais requerido é variável, em caso contrário, a substituição da bomba é uma opção a analisar.

2.3.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Perfil de caudal requerido
- Perfil de pressões
- Horas de funcionamento anual.

2.3.1.6 Poupanças Energéticas

Se podem alcançar poupanças até 30% com implementação desta solução.

Todas as bombas devem funcionar dentro das especificações da bomba em questão (geralmente definido no manual de instruções/folha de dados fornecido pelo fabricante das bombas). A eficiência da bomba varia segundo seus parâmetros de funcionamento. As bombas estão projetadas para dar um funcionamento ótimo no ponto de máximo rendimento (BEP), no entanto fora desse ponto ótimo se perde rapidamente a eficiência e baixa o rendimento.

O ponto de funcionamento de uma bomba deve estar o mais próximo possível do BEP. De modo referêcia, se estabelecem as seguintes gamas de trabalho numa bomba:

- Gama admissível: caudal entre 20 e os 150% do nominal
- Gama adequada: caudal entre os 66 e os 115% do nominal
- Gama ótima: caudal entre os 85 e os 105% do nominal

Uma bomba a trabalhar a 40% abaixo do seu ponto ótimo, se observa que o rendimento deste equipamento diminuiu cerca de metade:

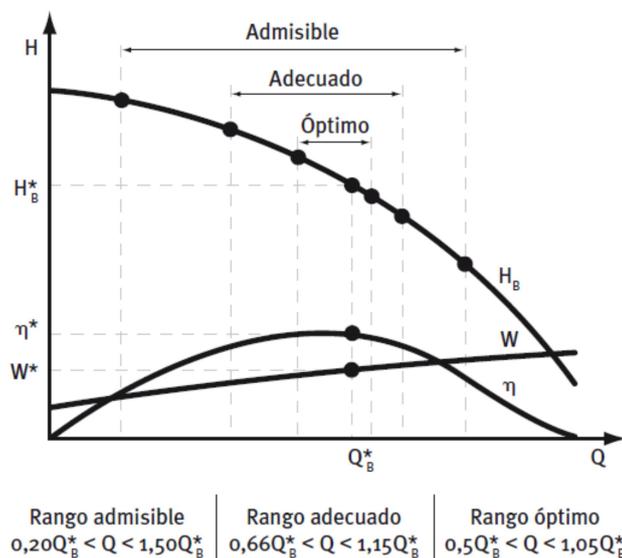


Figura 8: Gamas de funcionamento de uma bomba. Fonte IDAE

Uma vez que o consumo energético de uma bomba é dado por:

$$\text{Consumo} = \frac{\text{Requerido}}{\text{Rendimento}}$$

No caso da substituição por uma bomba mais ajustada e com maior rendimento, a diminuição de consumo (kWh) será dada pela diferença entre requerido atual/rendimento atual e o requerido atual/rendimento novo.

Além de reduzir a eficiência da bomba o que proporciona um sobrecusto energético, o funcionamento em níveis afastados do “BEP” acelera o desgaste e piora fiabilidade. Por exemplo, um funcionamento a 60% do BEP representa:

- Uma redução de 50% da vida útil das juntas
- Uma redução de 20% da vida útil dos rolamentos
- Uma redução de 25% da vida útil do impulsor e do corpo da bomba
- Um incremento aproximado de 100% dos custos de manutenção

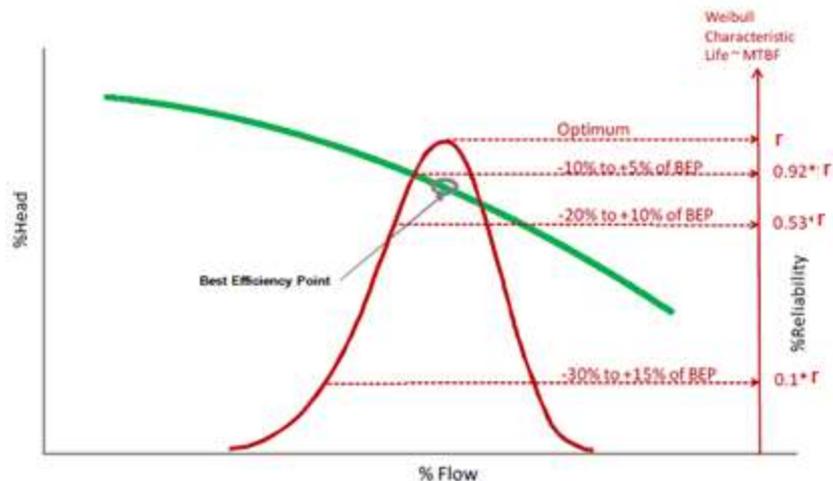


Figura 9: Impacto sob a fiabilidade da bomba da distância do BEP. Fonte Schneider

2.3.1.7 Casos de referência

Na figura seguinte pode-se observar o rendimento de uma bomba de água bruta de uma ETAR (35 kW) e o de um equipamento de menor potência instalado posteriormente (13,5kW). É significativo a diferença de rendimento entre ambos equipamentos na gama de caudais selecionados pela exploração (200-240 m³/h), o que torna a amortização do investimento efetuado na aquisição do novo equipamento rápida.

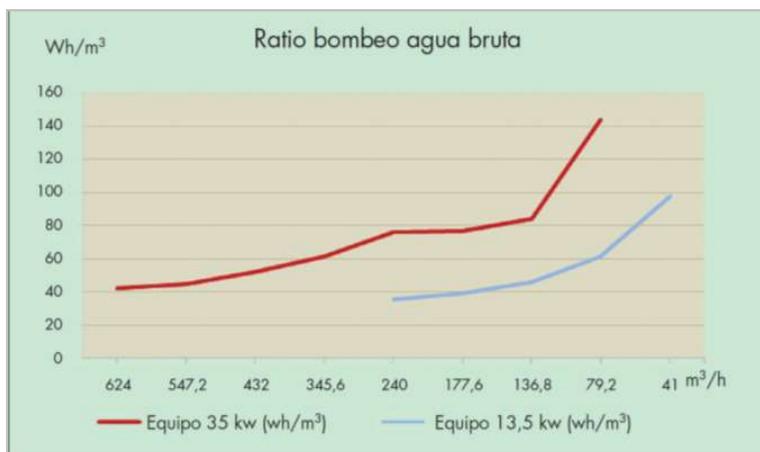


Figura 10: Rendimento de 2 bombas em função do caudal debitado

A figura anterior mostra que para bombear 1 m³ de água, a bomba de 35 kW necessita de 78Wh, enquanto a bomba de 13,5 kW só necessita de 38Wh, metade da energia para se obter o mesmo resultado.

2.4 PROCESSOS DE AREJAMENTO

2.4.1 Implementação de tecnologias de arejamento por difusão

2.4.1.1 Objetivo

O fornecimento de ar é um processo crítico no tratamento das águas residuais. Os sistemas de arejamento de uma ETAR consomem entre 25 e 70% da energia de uma ETAR.

Os sistemas de arejamento mais utilizados são os de superfície e os de difusão. Enquanto que os de superfície o ar é dissolvido na água mediante equipamento parcialmente submergidos que agitam a água residual, nos de difusão o ar é injetado na parte inferior do tanque de arejamento formando bolhas que auxiliam a difundir o ar na água residual e quebrar a estratificação da coluna de água.

Os sistemas de superfície implicam um investimento menor e têm custos de manutenção menor, os de difusão, são os mais eficientes energeticamente e apresentam menores custos de operação. Os rácios de consumo energético geralmente situam-se entre 1,8-2,0 kgO₂/kWh para os sistemas de superfície e entre 3-5 kgO₂/kWh para os sistemas de difusão.

2.4.1.2 Objetivo

A substituição da tecnologia de arejamento superficial por tecnologia de arejamento por difusão para melhoria da eficiência do arejamento.

2.4.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processo da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento.

2.4.1.4 Casos de aplicação

Devido a redução dos custos de operação (fundamentalmente devido à diminuição do consumo energético) que apresentam os sistemas de difusão e ao incremento dos custos de manutenção e investimento que implica, a medida produzirá poupanças mais significativas quanto maior seja o consumo energético do sistema de arejamento.

2.4.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

O objetivo fundamental de todo o sistema de arejamento é transferir oxigénio para mistura de lamas e que este oxigénio dissolvido possa ser utilizado pelos distintos microrganismos. Existem numerosas variáveis de sistema de arejamento que afetam os rendimentos desta transferência de oxigénio. Os dados que devem ter em linha de conta para fazer avaliação da medida são:

- Tipo de arejamento superficial implementada
- Tipo de difusor proposto
- Número de difusores
- Pressão disponível
- Profundidade do tanque
- Área do tanque
- Custo da energia elétrica

2.4.1.6 Poupança energética

Se podem chegar a alcançar poupanças até uns 50% com a implementação desta solução.

Uma forma sucinta, de fazer uma avaliação rápida da poupança conseguida é utilizar os rácios de transferência de oxigénio-eficiência padrão de um arejador, amplamente acordados para cada tecnologia.

Para isso, necessita-se de se estabelecer o Standard Oxygen Transfer Rate (SOTR): quantidade de oxigénio transferido por um arejador numa hora em uma água limpa a 20°C com 0 mgO₂/l (se expressa em kg/hora) fornecido pelo fabricante do equipamento. A partir daí se estabelece o Standard Aerator Efficiency (SAE): SOTR dividido pela potência do arejador (se expressa em kg de oxigénio por kWh).

A tabela que se mostra a seguir, pode assumir como uma referência aproximada dos níveis de poupanças energéticas esperadas. O cálculo da poupança real deve realizar-se mediante sondas de transferência de O₂.

Tabela 4. Comparação SAE/Tecnologia. ASCE WEF Manual of practice 8: Design of Municipal Wastewater Treatment Plants

Tipo de arejador	SAE kg O ₂ /kWh
Arejadores de jacto	0,8-1,5
Arejadores mecânicos	0,9-2,2
Bolha Grossa	0,5-2,0
Bolha fina (Tipo Tubular)	2,0-4,0
Bolha fina (Tipo Disco-Alta densidade)	4,0-6,0

De acordo com a tabela anterior, na igualdade de requisitos de funcionamento, a poupança aproximada vai depender do sistema a substituir e do sistema selecionado. No caso de substituir um sistema de arejadores mecânicos por um sistema de difusão de bolha fina do tipo tubular, a diferença de energia (kWh), necessária para fornecer 1 kg O₂, pode ser até 0,86 kWh/kg, em função dos rendimentos iniciais e finais. Assumindo um preço de eletricidade de 0,12 €/kWh, se estará a falar de uma diferença de custo de 10,3 Cent€/kgO₂

2.4.1.7 Casos de referência

A ETAR de Estepona- Málaga foi ampliada e remodelada recentemente de forma a aumentar a sua capacidade de tratamento a 100 000 m³/dia, o que representa uma população equivalente 5 000 000 h.e. A oxigenação nas instalações existentes se realizava mediante rotores superficiais, 4 por reator de 6 m de comprimento. Na nova linha de tratamento, a oxigenação se realiza por turbocompressores e difusores de bolha fina.

Outras ETAR que implantaram esta solução é, por exemplo a ETAR Bens

2.4.2 Substituição de difusores por difusores de alta eficiência

2.4.2.1 Contexto

Um dos sistemas mais difundidos para o arejamento dos reatores são os sistemas de arejamento mediante difusores. A aplicação de difusores com um tamanho de bolha menor supõe um aumento na capacidade de dissolver o oxigénio na água, ter uma maior superfície efetiva e, portanto, uma maior eficiência. Uma má eficiência na difusão do ar gera maiores consumos energéticos.

Os difusores se categorizam segundo o diâmetro da bolha que geram:

- Bolha grossa (6 mm)
- Bolha fina (3 mm)
- Bolha muito fina (1 mm)

É importante ter em conta que o tipo de difusor influencia a frequência de limpeza e a pressão necessária para impulsar o ar, tamanhos pequenos do poro implica maior tendência ao fouling (obstrução). Por isso, se recomenda o uso de difusores de bolha grossa em aplicações mais exigentes, como lamas e águas residuais industriais.

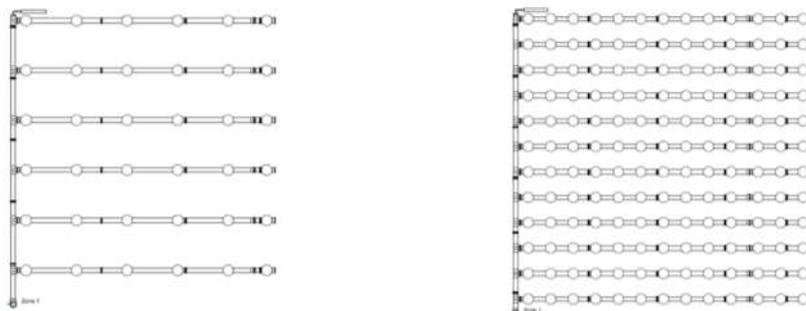


Figura 11: Difusores de bolha grossa vs bolha fina. Fonte Xylem

2.4.2.2 Objetivo

A substituição das membranas dos difusores por umas de bolha mais fina, que geram maior SOTE (Standard Oxygen Transfer Efficiency) e que, portanto, requerem menor caudal de ar.

2.4.2.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento Secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores.

2.4.2.4 Casos de aplicação

Uma vez que se trata em se substituir sistema de difusão já existentes por outros mais eficientes, é uma melhoria que está orientada a ETAR com difusores de bolha grossa com agitação separada dos processos de arejamento.

2.4.2.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que se devem ter em conta para fazer a avaliação desta medida são:

- Tipo de difusor
- Tamanho de bolha gerada
- Número de difusores
- Pressão disponível
- Profundidade do tanque
- Área do tanque

2.4.2.6 Poupança energética

Se podem a alcançar poupanças até 30% com a implementação desta solução.

Para entender o porquê de se alcançar esta poupança se irá analisar um dos parâmetros utilizado para estabelecer a eficiência de um difusor: a Eficiência Padrão de Transferência de Oxigénio, SOTE (siglas em inglês), sendo as condições padrão a 20°C e 1 atm de pressão.

$$SOTE = \frac{\text{Quantidade de Oxigénio Transferida}}{\text{Quantidade de Oxigénio no ar}} (\%)$$

As curvas SOTE são fornecidas pelos fabricantes. Os difusores com um SOTE maior serão mais eficientes, requerendo menor fluxo de ar e menor energia para conseguir igual transferência de oxigénio, para as mesmas condições de temperatura e pressão.

No caso dos difusores por bolhas, o tamanho destas é um dos fatores mais importantes para eficiência do sistema. Quanto mais pequenas são as bolhas, maiores será a superfície de contato por volume de ar e maior transferência de O₂.

Adicionalmente, a sua velocidade de ascensão será menor conduzindo a um maior tempo de contato e melhorando assim a transferência. Portanto, um sistema de bolha fina necessita menor fornecimento de ar, apresenta um SOTE maior e requiere menor trabalho dos compressores para conseguir a mesma transferência de O₂, do que um de bolha de grossa.

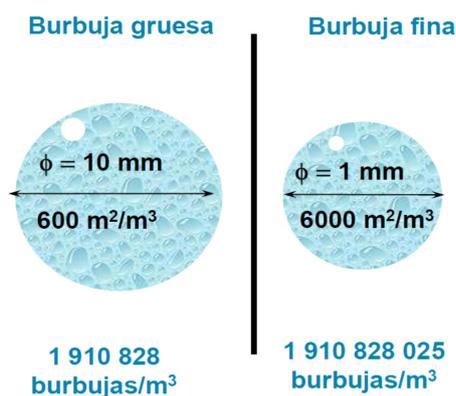


Figura 12: Tamanho da bolha grossa vs fina Fonte Xylem

Para analisar a poupança energética esperada pela utilização da bolha fina, podemos comparar as duas soluções comerciais, procedentes da mesma empresa:

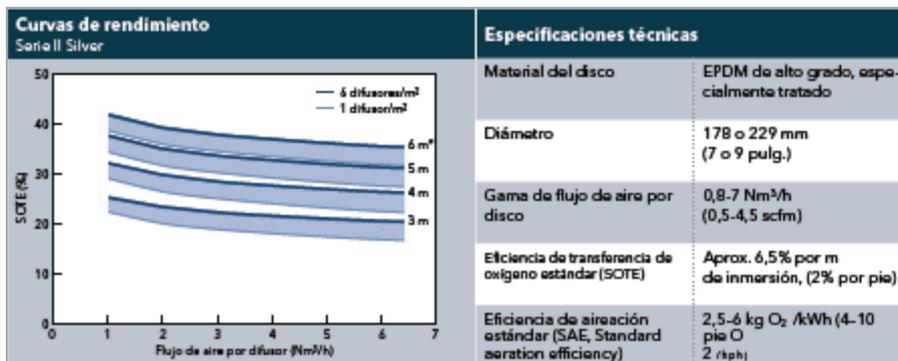


Figura 13: Características técnicas dos difusores de bolha fina. Fonte Xylem



Figura 14: Características técnicas dos difusores de bolha grossa. Fonte Xylem

A SOTE no caso dos difusores de bolha fina é de 6,5% por metro de imersão, enquanto para a bolha grossa é inferior a 2,5% por metro de imersão.

Por outro, o SAE dos difusores de bolha fina é de 2,5-6,0 kg O₂/kWh em contraste com o 0,7 – 2,0 kg O₂/kWh das bolhas grossa. É o mesmo que dizer, no melhor dos casos necessitaria de 0,5 kWh para obter 1 kg de O₂ com o sistema de bolha de grossa, e de 0,167 kWh necessários com um sistema mais eficiente de bolha fina.

Um aspeto que se deve ter em consideração também na avaliação do sistema selecionado é o custo da instalação e de operação/manutenção. Os sistemas de bolha grossa requerem um investimento inicial menor, uma vez que necessitam de um menor número de difusores, contudo apresentam um SOTE inferior e requerem um maior caudal de ar.

A comparação dos valores da SOTE dados pelos fabricantes, permitirão uma comparação entre difusores de distintos fabricantes para mesmas condições padrão. No entanto, a eficiência real do sistema biológico dependerá das características particulares de projeto.

2.4.2.7 Caso de referência

Na ETAR de Archena, no projeto Life Renewat, se instalaram difusores de ar planos de alta eficiência de poliuretano no fundo dos reatores biológicos em substituição dos existentes. Com estes difusores se conseguem uma maior transferência de oxigénio para o licor misto, reduzindo desta maneira as necessidades de ar e, portanto, o consumo energético. Esta medida, aliada à instalação de um turbocompressor, significou uma redução de consumo na etapa de arejamento superior a 28%.

Outras ETAR que também implementaram esta solução, são por exemplo:

- ETAR Águilas
- ETAR de Chantada
- ETAR Miranda de Ebro
- ETAR Burgos
- ETAR Bens

2.4.3 Limpeza do circuito de arejamento

2.4.3.1 Objetivo

A diminuição da perda de carga no circuito de arejamento implica diminuir a energia necessária para a correta oxigenação do reator. Se trata de um circuito por onde circula uma quantidade de ar muito significativa e de forma contínua, qualquer aumento na eficiência deste processo se repercutirá significativamente na fatura energética.

A acumulação de matéria orgânica e inorgânica na superfície dos difusores pode colmatar os seus poros, este fato produz um aumento das perdas de carga no difusor e afeta negativamente no rendimento de transferência de oxigénio na instalação. Para compensar esta situação, existe um aumento do número de horas de funcionamento dos equipamentos de arejamento e por consequência um incremento do consumo energético.

Por outro lado, os próprios tubos que transportam o ar aos difusores podem colmatar parcialmente com as lamas, fato este, que produz o mesmo efeito anteriormente descrito. Ambas situações podem representar um aumento importante nos custos de operação da instalação.

Para evitar o incremento do consumo energético e outros efeitos adversos, deve projetar-se um plano de limpeza dos elementos do sistema de arejamento, que inclua ações de manutenção preventiva, como a limpeza periódica aumentando o caudal de ar por difusor ou a limpeza mecânica sem desmontar o difusor, como a injeção de ácido de limpeza na tubagem de distribuição de ar para limpar os poros.

2.4.3.2 Objetivo

A limpeza química/mecânica dos difusores e do circuito de arejamento do reator biológico com o objetivo de minimizar as perdas de carga, o que conduzirá a uma redução do consumo energético por parte dos compressores.

2.4.3.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processo da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores e o circuito de arejamento.

2.4.3.4 Casos de aplicação

Cada ETAR apresenta uma casuística muito particular, devido ao tipo de água que trata e ao tipo de sistema de arejamento implementado. Em todo caso, é recomendável realizar uma limpeza naquelas ETAR que tem pelo menos um ano de funcionamento e avaliar a variação da pressão de saída dos compressores ou o consumo energético das mesmas antes e depois da operação de limpeza.

2.4.3.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Nos casos de se possuir dados históricos do consumo dos compressores ou da pressão de saída dos mesmos, é interessante analisar pois seu incremento pode ser devido a um incremento da perda de carga relacionado com a sujidade no circuito ou nos difusores.

2.4.3.6 Poupança energética

Se podem alcançar poupanças até 12% com a implementação desta medida.

A melhoria das condições de difusão sempre vai pressupor uma poupança, mas a avaliação da poupança obtida em cada caso específico requiere de uma metodologia de medição antes e depois da limpeza.

Se podem tomar como uma referência os resultados obtidos nos estudos reais realizados, as poupanças podem ser ainda maiores.

Neste estudo, se realizaram medições de transferência de oxigénio desde 2013 até 2015 em sistemas de arejamento da região de Murçia com difusores de bolha fina. A limpeza foi realizada com ácido fórmico, para eliminar incrustações de cal na tubagem e em difusores devidas à dureza da água da região e se estabeleceram a percentagem de transferência antes e depois da limpeza e após um mês.

Os resultados mostram uma clara melhoria na transferência realizada:

O maior incremento na transferência de oxigénio depois da limpeza química dos difusores se observou para ETAR 3, no entanto neste caso se realizou em simultâneo a limpeza química e a substituição parcial dos difusores.

Analisando os resultados das ETAR 1 e 2, nas quais se efetuaram unicamente a limpeza, se observa uma melhoria na transferência de oxigénio superior a 25%. Esta melhoria na transferência significa que para obter o mesmo SOTE, os compressores necessitam de trabalhar menos, alcançando-se assim poupanças energéticas. A poupança final obtida dependerá da eficiência do sistema de compressores.



Tabela 5. Variação da transferência de oxigénio por limpeza química dos difusores

ETAR	Anos difusores	Situação	Oxigénio transferido (%)
ETAR 1	6	Antes limpeza química	29,8
		Depois da limpeza química	37,6
		Variação	26,1
ETAR 2	10	Antes limpeza química	19,4
		Depois da limpeza química	24,7
		Variação	27,2
ETAR 3	0,5	Antes limpeza química	19,8
		Depois da limpeza química (com substituição parcial dos difusores)	34,7
		Variação	75,6

Dado a estes resultados, se considera essencial elaborar um plano de limpeza e realizar um seguimento da eficiência do sistema antes e depois da limpeza, para estabelecer corretamente as poupanças alcançadas.

2.4.3.7 Casos de referência

Na ETAR de Buñol-Alborache a qual serve 9609 h.e e trata um caudal de 3774 m³/dia. Nas suas instalações se avaliou a melhoria da eficiência depois da limpeza com ácido fórmico do sistema de arejamento durante um período de 4 anos:

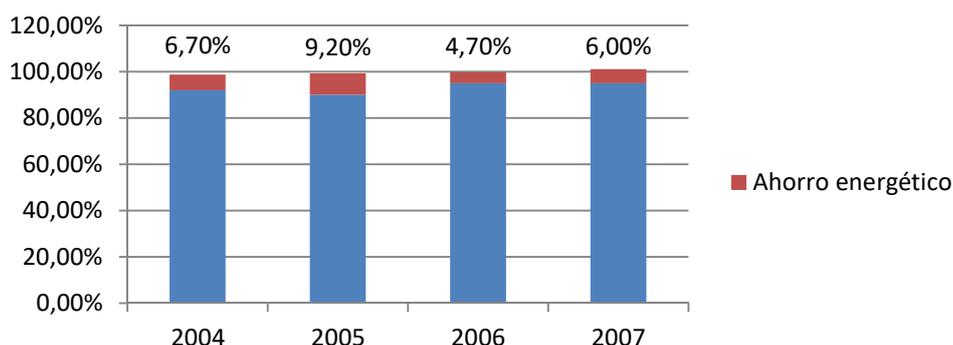


Figura 15: Poupanças depois da limpeza dos difusores. Fonte: OMS-SACEDE SA

Durante o período de análise exemplificado se conseguiu uma poupança energética média de 6,65%. Outra ETAR que também implementou esta medida foi a ETAR de Torrox Manzano.

2.4.4 Substituição de difusores avariados ou com perda de rendimento

2.4.4.1 Contexto

Todas as membranas à medida que passa o tempo incrementam as perdas de carga. Isto se deve principalmente ao fato destas serem elementos elásticos e as quais vão perdendo essa elasticidade com a utilização, originando bolhas cada vez mais grossas.

Embora inicialmente estas perdas se podem reduzir com limpezas específicas, chega a um ponto em que o desgaste da membrana é irreversível. Com este desgaste se reduz o rendimento e os consumos energéticos se incrementam.

Após 10 anos o desgaste é considerável, embora seja um fator que depende do tipo de águas a tratar, por isso é necessário comprovar periodicamente o seu estado.

2.4.4.2 Objetivo

A substituição dos difusores danificados cuja perda de eficiência produz uma redução da SOTE.

2.4.4.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os difusores.

2.4.4.4 Casos de aplicação

Esta medida se recomenda em ETAR que disponham de difusores com mais de 10 anos de funcionamento ou em situações em que se detete que as membranas se encontram danificadas.

Tabela 6. Medições de transferência de oxigénio a diferentes taxas de arejamento

ETAR	Equip de arejamento e potência	Anos difusores	Transferência de oxigénio (%)	
			Caudal máximo	Caudal mínimo
ETAR 1	Émbolos-200kW	6	22,03	34,03
ETAR 2	Émbolos-95kW	10	18,77	20,01
ETAR 3	Émbolos-140kW	0,5	18,94	23,14
ETAR 4	Émbolos-45kW	9	21,25	25,13
ETAR 5	Turbocompressores-435kW	10	34,00	37,00

2.4.4.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem ser considerados para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual na sua gama de h.e.
- Idade e estado dos difusores.

2.4.4.6 Poupança energética

Se podem chegar a alcançar poupanças até 22% com a implementação desta solução.

No estudo das ETAR de Murcia, os resultados depois da substituição dos difusores mostraram taxas de oxigénio transferido com uma melhoria de 31,4%, o que supõe, que para conseguir o mesmo resultado os compressores deverão trabalhar menos horas.

Tabela 7. Variações de transferência de oxigénio por substituição dos difusores

ETAR	Anos difusores	Situação	Oxigénio transferido (%)
ETAR 4	9	Antes da substituição	23,9
		Depois da substituição	32,6
		Variação depois da troca	26,9
ETAR 5	10	Antes da substituição	11,0
		Depois da substituição	18,1
		Variação depois da troca	39,3
ETAR 7	11	Antes da substituição	16,4
		Depois da substituição	21,0
		Variação depois da troca	28,0
Média			31,4

A poupança energética conseguida vai depender da eficiência do sistema.

2.4.4.7 Casos de referência

A substituição dos difusores foi realizada em várias ETAR geridas por Águas de Valencia, avaliando-se antes e depois os consumos energéticos das mesmas.

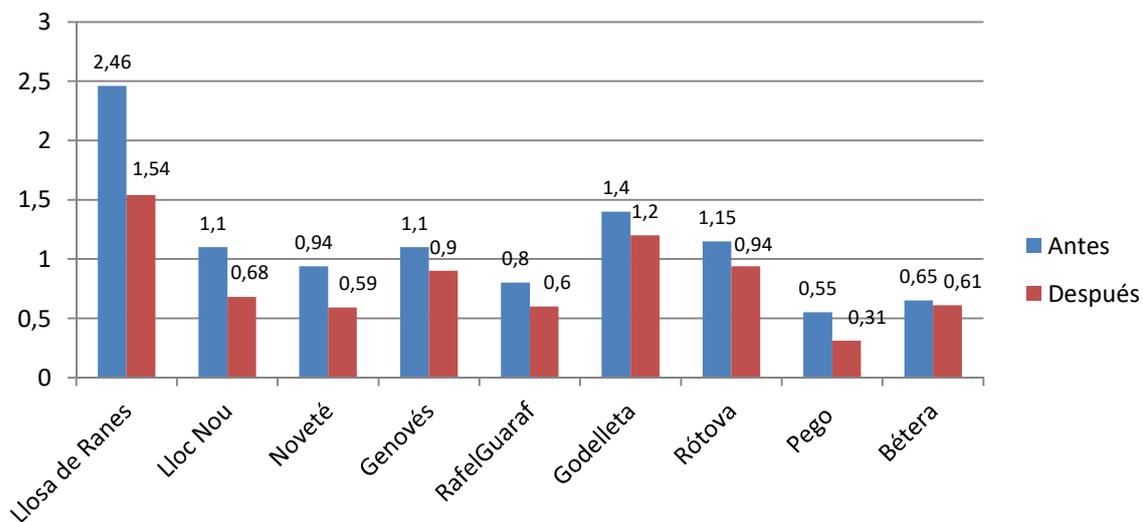


Figura 16: Poupança depois da substituição dos difusores. Fonte: Águas de Valencia

Outra ETAR que optou pela substituição de difusores foi ETAR de Águilas. Esta ETAR dispõe de 2 bacias retangulares iguais de 27 x 116 m e 5 ml de lâmina de água, com um SOR de 310 kg/h. Em 1995 se instalaram 1188 difusores de membrana padrão, os quais se substituíram em 2004 por membranas de bolhas finas. Esta modificação incrementou o SOTE de 27,4 a 31,2%, diminuindo em 12,2% o caudal de ar total.

Outras ETAR que implementaram esta solução, por exemplo, a de Cabezo Beaza, atingindo poupanças de 5,82% e outras como:

- ETAR de Huelva
- ETAR Sada
- ETAR Artá

2.4.5 Mudança na configuração e número de difusores

2.4.5.1 Contexto

Existem instalações em que, apesar de possuir difusores de alta eficiência e compressores dimensionados corretamente, a eficiência do arejamento não é a esperada. Isto pode ser devido ao caudal por difusor ser superior ao recomendado pelo fabricante e difusores projetados para produzir bolha fina estão a produzir bolha grossa. Às vezes a mudança no número de difusores e da sua configuração podem levar a um aumento da eficiência energética.

2.4.5.2 Objetivo

A mudança no número de difusores e sua configuração com objetivo de adequar o caudal por difusor às condições ótimas.

2.4.5.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento.

2.4.5.4 Casos de aplicação

Para estabelecer a idoneidade da adoção desta medida é necessário controlar o consumo dos sistemas de arejamento e confirmar que se encontra fora dos valores esperados. Analisando as razões deste desvio poderá estabelecer se este consumo excessivo está relacionado com uma relação caudal/número de difusores fora da gama ótima.

2.4.5.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados a considerar para se realizar a avaliação da medida são:

- Rácio do consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual em sua gama de h.e..
- Caudal de ar.
- Número de difusores.

2.4.5.6 Poupança Energética

Se pode atingir poupanças até 15% com a implementação desta solução.

Um exemplo claro da poupança que se pode obter é aumentando a densidade dos difusores:

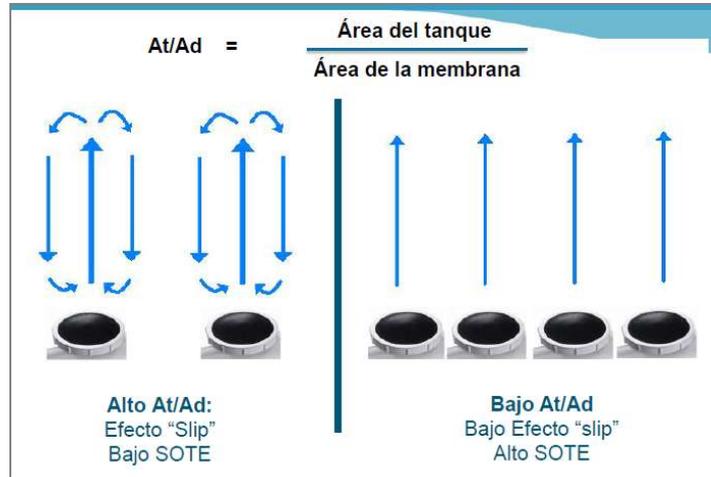


Figura 17: Área arejada. Fonte Xylem

Ao aumentar os difusores se diminui o espaço entre difusores e se diminui o efeito "slip", devido ao deslizamento do fluido. O ar dos compressores avança mais lentamente, aumentando o tempo de transferência e melhorando a SOTE. Assim, para igualar o SOTE requerido, será necessário um maior número de membranas as quais necessitam menos de ar e conseqüentemente se consome menos energia dos compressores.

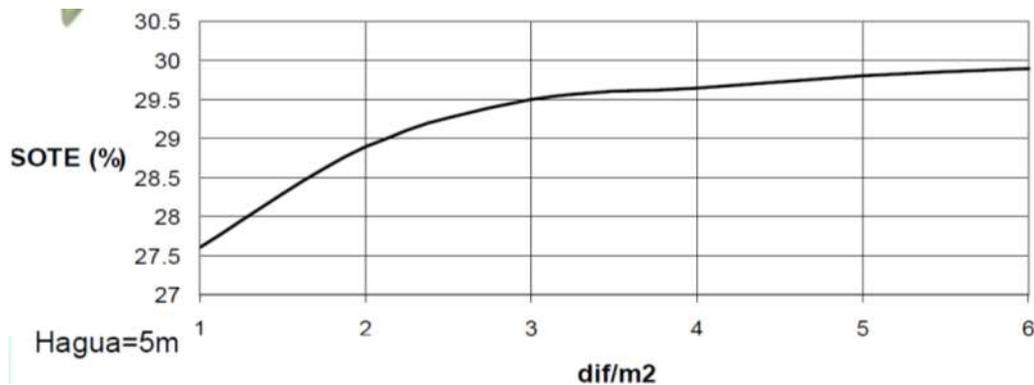


Figura 18: Melhoria da SOTE em função do número de difusores /m². Fonte Xylem

2.4.5.7 Casos de referência

Esta medida foi implementada, por exemplo, Waco Metropolitan Treatment Facility.

2.4.6 Separação do método de arejamento da agitação

2.4.6.1 Contexto

Em certas ETAR os difusores de bolha têm sido utilizados não só com o objetivo de fornecer oxigénio à água, mas como também com o propósito de agitar a água no reator de forma a melhorar a mistura e manter as lamas em suspensão (homogeneização). O custo energético deste sistema é elevado, uma vez que o sistema de arejamento tem uma eficiência muito reduzida. Devido a este fato, os agitadores devem ter um funcionamento independente do arejamento, optando-se por agitadores mais eficientes.

Por outro lado, também se deve valorizar a substituição dos sistemas de agitação obsoletos ou ineficientes especialmente antes das avarias ou do fim da sua vida útil, uma vez que existem no mercado agitadores muito mais eficientes, como os do tipo banana, que praticamente quadruplicam a eficiência dos tradicionais agitadores compactos.

2.4.6.2 Objetivo

A aplicação de agitadores projetados especificamente para a homogeneização nos tanques biológicos.

2.4.6.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processo da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os agitadores e o sistema de arejamento.

2.4.6.4 Casos de aplicação

Esta medida é especialmente interessante nas ETAR em que os sistemas de difusores se encontram a ser utilizados na homogeneização da água residual.

Também pode valorizar a implantação de agitadores mais eficientes quando se observe um consumo excessivo derivado aos existentes ou quando estes se encontram no final do seu ciclo de vida.

2.4.6.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e da ETAR.
- Rácio habitual na sua gama de h.e.

Em geral, sempre que exista uma agitação realizada com o sistema de arejamento, vai ser energeticamente ineficiente, devido a isso a instalação de agitadores é sempre recomendável.

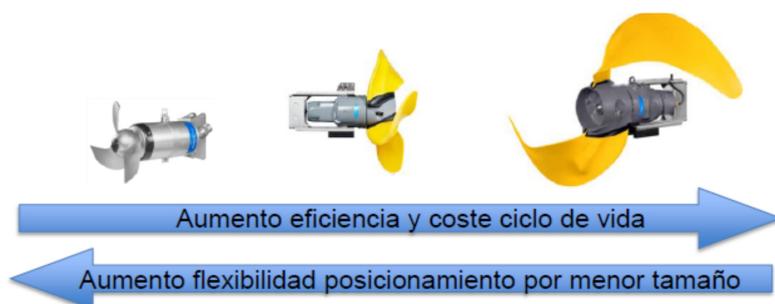
Para selecionar corretamente um agitador deve-se ter em conta:

- A dimensão das bacias
- A velocidade a que o fluido deve escoar, em função do processo
- Localização do agitador

2.4.6.6 Poupanças energéticas

Se podem alcançar poupanças até 15% com a implementação desta solução.

A poupança energética vai depender do agitador selecionado:



	Compactos	Alta Eficiencia	Banana
Empuje 50Hz (N)	80 - 6400	140 - 6150	410 - 4500
Maxima Eficiencia (N/kW) – ISO 21630	150-250	600-1500	600-1330
Diametro pala (m)	0.21 - 0.77	1.4-2.5	1.4 - 2.5

Figura 19: Comparação da eficiência dos agitadores. Fonte FLYGT

Os agitadores tipo Banana têm a maior eficiência energética, devido às dimensões das suas pás, no entanto requerem maior espaço para a sua montagem.

2.4.6.7 Casos de referência

Espanha

A ETAR de Valladolid receciona um caudal máximo de 3 m³/s, correspondendo a uma população equivalente de 570 000 habitantes. Dispõem de 12 bacias anóxicas de 28,5x12,75x5 m. Em 2011 se substituiu em cada bacia 2 agitadores compactos de 4,5kW por um 1 agitador Banana de 2,3 kW.

Tabela 8. Resultados da substituição de agitadores

Equipamentos	Ud	Pot (W)	Consumo (KWh)	Torque unitário (N)	Eficiência (N/kWh)
Compacto	2	4,5 x2	2,9x2=5,8	1 282	221
Banana	1	2,3	1,45	1 340	924

A poupança energética anual é de ((5,8-1,45) kWh x 24h x 365) x 12 bacias= 457 272 kWh. Tendo como pressuposto o custo médio da aquisição da eletricidade de 0,12 €/kWh, a poupança anual da medida é de 54 872 €.

Outra ETAR que também optou por instalar sistemas de agitação mais eficientes foi a ETAR Estepona, a qual dispunha de 2 agitadores compactos por câmara e na nova linha instalou apenas um agitador por câmara do tipo Banana.

Portugal

A ETAR de Vila Real é uma estação de tratamento de águas residuais, que abrange a cidade de Vila Real, sendo responsável pelo tratamento das águas residuais domésticas de uma população equivalente de cerca de 75 000 habitantes e um caudal diário de 8 000 m³.

Nas bacias do tratamento secundário, para fornecimento de oxigénio à comunidade bacteriana aí presente, esta ETAR possui cinco sopradores (blowers) de arejamento de fundo dos tanques, um dos quais de reserva, equipados com motores de indução trifásicos de 75 kW, eficiência Alta (equivalente à atual IE2), com soft-starter ou Variador Eletronico de Velocidade (VEV).

Nessas mesmas bacias mas com a função de de manter a homogeneização da água residual, possui dezasseis agitadores submersíveis, acionados por outros tantos motores de indução trifásicos com potências compreendidas entre 1,5 e 2,8 kW, todos com arranque direto.

2.4.7 Aplicação de tecnologias de compressores mais eficientes

2.4.7.1 Contexto

Um adequado arejamento e uma ótima seleção de compressores, são duas das considerações mais importantes que se devem ter em conta na hora de reduzir o consumo energético numa ETAR. Existem numerosos tipos e configurações de compressores, mas basicamente, se podem dividir em 2 grandes grupos: de deslocamento positivo (impulsionados por lóbulos ou por parafuso) ou centrífugos (impulsionados por impulsores).

A energia consumida pelos mesmos é função do caudal que impulsam, da respetiva pressão e do rendimento dos equipamentos. Devido à crescente importância que a eficiência energética está adquirindo no projeto dos equipamentos, nos últimos anos se desenvolveram novas tecnologias como por exemplo os turbocompressores com levitação magnética, com rendimento superiores, os quais permitem o arejamento nas estações de tratamento com custos energéticos mais reduzidos. É importante ressaltar que não existe uma tecnologia de arejamento que seja ideal para todas as situações, dependerá das condições do consumo, do perfil de caudais, das pressões de trabalho, etc.

2.4.7.2 Objetivo

A substituição dos compressores existentes por novas tecnologias com melhores rendimentos.

2.4.7.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Pré-tratamento
- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os compressores.

2.4.7.4 Casos de aplicação

Esta medida é de aplicação em ETAR que apresentam um consumo excessivo no arejamento (kWh/h.e) e cujos o funcionamento dos compressores possam ser otimizados.

2.4.7.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Perfil de caudal de ar.
- Pressões de trabalho
- Frequência de trabalho
- Horas de funcionamento anual
- Consumo elétrico
- Custo da energia elétrica

2.4.7.6 Poupanças Energéticas

Se podem alcançar poupanças até 23% com implementação desta solução.

Das tecnologias usualmente utilizadas, a que apresenta à priori menos eficiência é as dos compressores de lóbulos rotativos, nos quais o ar é comprimido por contrapressão do sistema (compressão externa). No caso dos compressores de parafuso, a compressão é interna, conseguida pela passagem do ar ao longo dos parafusos, sendo a sua eficiência melhorada relativamente aos anteriores. Os compressores centrífugos apresentam, em geral, maiores rendimentos que os de deslocamento positivo, especialmente no caso dos compressores de alta velocidade de levitação, magnética ou por ar.

Tabela 9. Eficiência das diferentes tecnologias de compressores

Tecnologias	Eficiência Sistema (%)
Compressores lobulares	43-50
Compressores de parafuso	53-65
Compressores centrífugos multiestágios/velocidade fixa	60-68
Compressores centrífugos levitação (magnéticos/ar)	66-73

Se se comparar os rácios dos sistemas menos e mais eficientes, pode-se observar que se pode alcançar poupanças entre 16 a 30%, sempre dependendo dos equipamentos analisados e das condições de operação dos mesmos.

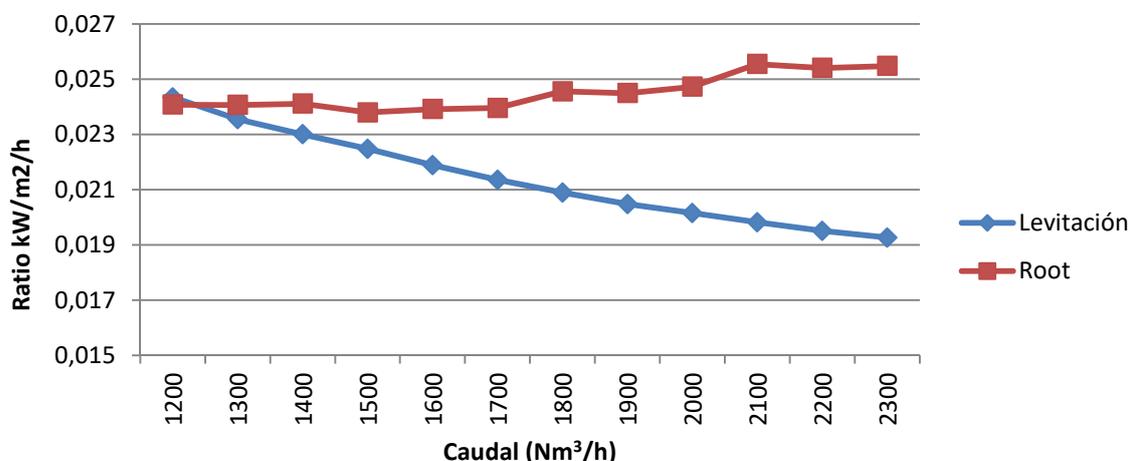


Figura 20: Rendimento ROOT vs levitação, dados provenientes de equipamentos comerciais

Além do menor consumo, os novos sistemas por levitação reduzem as partes mecânicas, o que se traduz em custos de manutenção mais económicos, menores dimensões e níveis de ruído inferiores.

2.4.7.7 Casos de referência

Na ETAR de Caravaca de la Cruz se substituiu um compressor tri-lobular de 250 kW por um de levitação magnética de 200 kW.

Para a substituição, se seleccionou um equipamento que produzisse um caudal de ar igual ou superior do compressor existente, passando de um intervalo de caudal de ar de 4 138-7 369 Nm³/h (tri-lobular) para 3 520-8 185 Nm³/h para o de levitação, segundo as especificações dos fabricantes.

Se realizaram medições reais sobre ambos equipamentos, em intervalos de 5% de incremento da percentagem de trabalho, desde os valores mínimos de ambos equipamentos até aos valores máximos. Em cada percentagem de trabalho, se mediram o consumo dos equipamentos, verificando-se que o compressor por levitação consumia menos energia eléctrica, para o mesmo caudal de ar.

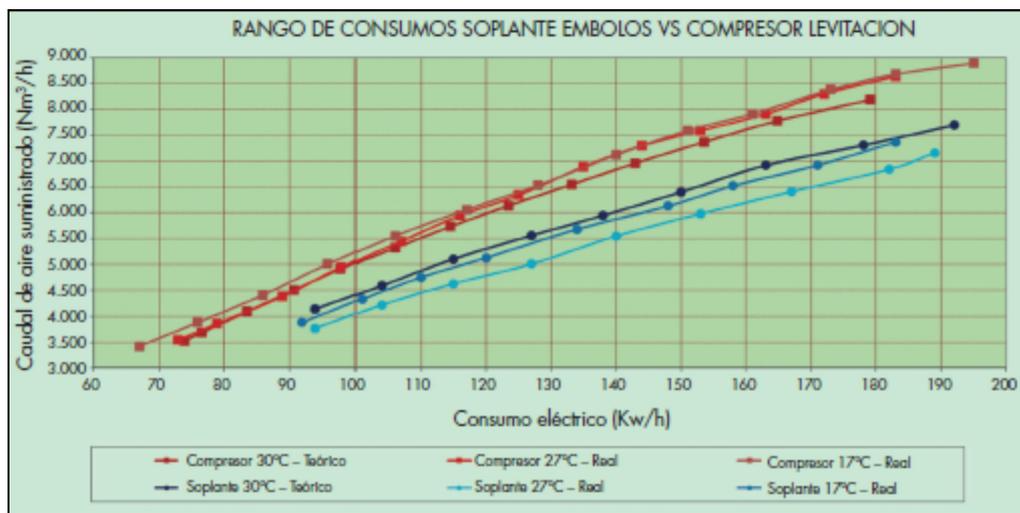


Figura 21: ETAR Caravaca de la Cruz. Consumos eléctricos a distintos caudais para o compressor de êmbolos e de levitação

Na figura anterior se observa que, em qualquer gama de trabalho, o consumo eléctrico do compressor de levitação é inferior ao do compressor de êmbolos, com uma redução entre 17 a 23%.

Na ETAR Orihuela, com um caudal diário de 6 829 m³/dia e 47 630 h.e., se substituiu um compressor tri-lobular por um de levitação magnética:

Tabela 10. Comparação dos equipamentos na ETAR Orihuela

Tecnologias	Caudal (Nm ³ /h)	Consumo (KW)	Rácio kW/m ³ /h
Compressor Root SEM40	2 108,27	53,4	0,02449
Compressor de levitação HST 2500	2 200	42,9	0,01950

Os requisitos de caudal são muito similares, os compressores de levitação pressupõem uma poupança média de 20% relativamente a situação anterior.

Outras ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo EDAR Cabezo Beaza, com uma poupança de 3,92% e as de:

- ETAR Archena
- ETAR Castellón
- ETAR Alzire
- ETAR L´Horta Nord
- ETAR Skanderborg

2.4.8 Redimensionamento dos compressores

2.4.8.1 Contexto

Tal como ocorre no caso das bombas, também é habitual se encontrar compressores sobredimensionados para o caudal e pressão requeridas. Durante a fase de projeto se tende a sobredimensionar com o objetivo de proporcionar versatilidade para futuras sobrecargas, para reduzir riscos no cálculo e na seleção ou para proporcionar maior robustez ao sistema. Às vezes, para ajustar o caudal se recorre ao uso de dispositivos de estrangulamento, de bypass ou de paragens intermitentes, métodos estes muito pouco eficientes do ponto de vista energético. Em determinadas ocasiões a aplicação de variadores de frequência podem ajudar a ajustar o caudal para as condições desejadas, mas nem sempre se pode alcançar um ponto de ótimo de funcionamento.

2.4.8.2 Objetivo

A aplicação de compressores corretamente dimensionados para as necessidades de ar reais da ETAR.

2.4.8.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os compressores.

2.4.8.4 Casos de aplicação

As ETAR com consumo excessivo energético devido ao sobredimensionamento dos compressores.

2.4.8.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Caudal requerido
- Caudal disponível
- Pressão necessária

2.4.8.6 Poupanças Energéticas

Se podem alcançar poupanças até 50% com implementação desta solução.

Como sucede nos casos dos motores e bombas sobredimensionadas, tem que se ter em conta que a poupança vai depender fundamentalmente da situação inicial e da potência ajustada dos novos compressores. Se a potência selecionada para a substituição é correta, os novos compressores não deverão de necessitar de mais horas para fornecer o ar necessário, de modo que as poupanças deverão ser proporcionais às diferenças entre as potências dos equipamentos. Outra possibilidade é aproveitar a mudança de compressores para além de se ajustar a sua potência, selecionar tecnologias mais eficientes energeticamente.

2.4.8.7 Casos de referência

Como parte do projeto de otimização energética das ETAR de Murcia, se substituíram nas ETAR de Yecla e da Las Torres de Cotillas os antigos equipamentos de arejamento, sobredimensionados para suas necessidades reais de trabalho de ambos. Na Yecla se substituiu um compressor de 250 kW por outro de 110 kW e mais tarde foi reduzido para 90 kW. Nas Torres de Cotuilla se substituiu um compressor de 250 kW por outro de 110 kW, obtendo-se interessantes poupanças energéticas.

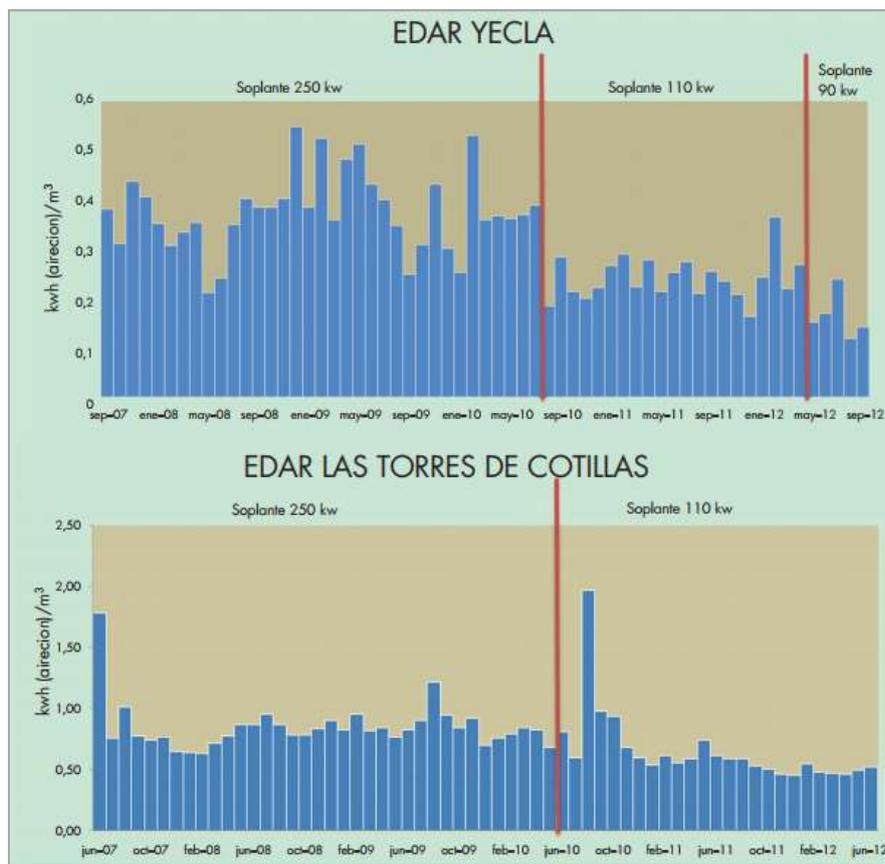


Figura 22: Consumos energéticos depois da substituição dos equipamentos de arejamento.

Um das conclusões mais interessantes do estudo, é que ao contrário que era esperado, as horas de funcionamento dos compressores não incrementaram, apesar da redução da potência destes. Este fato esteve relacionado com a redução das perdas de carga aliado com um melhor aproveitamento do ar pelos microrganismos. Na gama de potências inferiores existe um fornecimento de ar homogéneo comparativamente com os picos de caudal, tal como ocorre nos equipamentos de maior potência.

Outras ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo, a ETAR Waukesha.

2.4.9 Sistemas de controlo para o sistema de arejamento

2.4.9.1 Contexto

A concentração de oxigénio dissolvido nos processos de lamas ativadas está considerada como um dos parâmetros de controlo mais importantes de uma ETAR.

Uma concentração de oxigénio dissolvido baixa afeta o crescimento dos microrganismos, enquanto que uma concentração de oxigénio alta supõe um gasto energético importante, associado a um trabalho excessivo dos compressores o qual afeta negativamente o processo.

Os sistemas de controlo para o ajuste das condições ótimas no tratamento secundário têm como objetivo proporcionar o caudal de ar correto em qualquer momento. Isto tem um impacto significativo no consumo energético, pois atua diretamente sobre os sistemas de arejamento.

O sistema de controlo mais utilizado se baseia na medição do oxigénio dissolvido, no entanto também é comum ver sistemas nos quais se mede o potencial redox.

O aparecimento de novas sondas de medição de novos parâmetros a um custo acessível e o desenvolvimento de novas estratégias de controlo, possibilita a implementação de novos sistemas que reduzem o consumo energético do processo.

2.4.9.2 Objetivo

A implementação de novos e mais eficientes sistemas de controlo para o tratamento secundário que regulam com mais eficiência o fornecimento do ar ao reator.

2.4.9.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento secundário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os sistemas de arejamento: compressores, rotores, turbinas, etc.

2.4.9.4 Casos de aplicação

Estes sistemas de controlo são muito recomendáveis nas ETAR com sistemas de controlo obsoletos.

2.4.9.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Rácio de consumo energético kWh/h.e. do processo de tratamento secundário
- Rácio normal em sua gama de h.e.

2.4.9.6 Poupanças Energéticas

Se podem alcançar poupanças até 35% com implementação desta solução.

Os sistemas de controlo projetados evitam que os compressores funcionem desnecessariamente, colocando-os em funcionamento unicamente quando os sensores determinem que as condições do licor requerem a entrada de ar. Assim, se passa de um funcionamento em contínuo a um de ciclos alternados, diminuindo os períodos de funcionamento e por consequência o consumo energético.

2.4.9.7 Casos de referência

Espanha

A ETAR de Albuera foi selecionada para um projeto piloto, do estudo de melhoria energética através do controlo dos processos de arejamento prolongado. Esta ETAR foi projetada para 4 000 h.e., com um caudal médio de 1 000 m³/dia. A ETAR dispõe de 2 turbocompressores, com uma potência total de 42 kW e níveis de potência intermédios de 18,5, 22, 40,5 e 42 kW. O controlo foi projetado pelo Grupo de Investigação de Aplicações Industriais de Inteligência Artificial da Universidade de Extremadura. De uma forma muito simplificada, pode-se decidir se produz um arejamento de ciclos alternados, porque em determinados intervalos de tempo o sistema de controlo mede o DO (Oxygen Demand) e o compara com uma referência preestabelecida, neste caso de 2 mg/l.. Enquanto não se atingir tal valor o arejamento é processado. Quando se supera, os compressores se desligam e apenas voltam a ligar quando o valor DO caia para valores inferiores a 0,1 mg/l. Em paralelo também se realizam ensaios à matéria orgânica, azoto e inclusive do consumo energético, modulando a operação final dos compressores. Com o controlo original, que mantinha o arejamento funcionado 14-16 horas/dia, a estação apresentava um rácio energético de 0,065kWh/(dias x h.e). Com o novo sistema, baixou para 0,028 kWh/(dias x h.e), o que representa uma poupança de 57%.

Também se implementou sistemas similares na ETAR de Martorell, com uma poupança de 6,27 % e na ETAR Cabezo Beaza com uma poupança de 4,15%.

Outras ETAR que também implementara esta solução foram por exemplo:

- ETAR Chantada
- ETAR Orihuela
- ETAR Algemesi

- ETAR Ontinyent
- ETAR Denia-Ondara
- ETAR Gandía
- ETAR Barranco del Carraixet
- ETAR Almazora
- ETAR Castellón.

Portugal

Na ETAR de Vila Real após a instalação de sistemas de monitorização de consumos de energia elétrica nas suas instalações permitiu ao operador identificar setores de maior consumo e intervir diretamente nesses, nomeadamente no ajustamento do set-point de O₂. Através desta monitorização e ajustamento a ETAR conseguiu poupanças energéticas de aproximadamente 5%.

2.5 SISTEMA DE DESINFEÇÃO ULTRAVIOLETA

2.5.1 Regulação do sistema de desinfeção ultravioleta

2.5.1.1 Contexto

A energia consumida pela desinfeção ultravioleta(UV) é aproximadamente entre 10 a 25% da energia total utilizada na ETAR, sendo uma quantidade a ter em linha de conta dentro dos consumos de uma ETAR é necessário o controlo do sistema de desinfeção UV. A automatização pode reduzir o número de lâmpadas e o tempo de utilização das mesmas, baseando-se nos dados do caudal e qualidade da água residual em tempo real. Os sistemas de controlo mais comuns são baseados na medição do caudal ou da transmitância.

2.5.1.2 Objetivo

A regulação da utilização das lâmpadas ultravioleta mediante a monitorização do caudal.

2.5.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável aos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento terciário

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria é o sistema de lâmpadas ultravioleta.

2.5.1.4 Casos de aplicação

A estações de tratamento com altos custos energéticos na desinfeção UV, com capacidade para monitorizar o tratamento terciário.

2.5.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- o Caudal
- o Potência das lâmpadas
- o Transmitância do ultravioleta

2.5.1.6 Poupança Energética

Se pode chegar a poupanças até uns 25% com a implementação desta solução.

2.5.1.7 Casos de referencia

A ETAR Fuente Álamo substituiu as suas antigas lâmpadas UV por equipamento que incorporam lâmpadas de amalgama de grande intensidade com capacidade de regulação para adaptar-se às variações de caudal e qualidade da água. Adicionalmente o redimensionamento das instalações permitiu reduzir consideravelmente o número de lâmpadas e a potência total instalada, conseguindo assim poupanças energéticas. Outras ETAR que também implementaram esta solução foi, por exemplo, a ETAR O Grove.

2.5.2 Utilização de lâmpadas UV de baixa pressão

2.5.2.1 Contexto

Devido às preocupações relacionadas com a segurança, manejo e toxicidade dos efluentes associados ao cloro. A desinfecção ultravioleta (UV) tem vindo a tornar-se popular nos últimos anos como alternativa à desinfecção química.



Figura 23: Sistema de UV de baixa pressão, ETAR de Viveros da Villa

A radiação ultravioleta pode penetrar no interior das células dos microrganismos e combater-las, limitando a sua reprodução. Entre as vantagens destacam-se:

- Não alteração das características organolépticas da água tratada;
- O tempo de contacto necessário para a desinfecção é menor (mais curto);
- O processo físico e químico não deixa nenhum resíduo tóxico na água tratada, o que ocorre com o cloro e com os restantes desinfetantes químicos;

- Boa ação viral e bacteriana;
- Não apresenta nenhum tipo de perigo para o homem, a flora e a fauna.

Existem dois tipos de lâmpadas UV: de média pressão e de baixa pressão. As lâmpadas de média pressão têm potências de vários kW e emitem luz UV com diferentes longitudes de onda, entre os 185 e os 400 nanómetros. O seu rendimento entendido como, a percentagem de conversão da potência aplicada em emissão UV-C a 254 nanómetros, está compreendida entre 7 e os 12%. No caso das de baixa pressão apenas produzem numa longitude de onda (254 nm), a potencia vai de 60 a 600W e conta com rendimento entre 26% e 34%.

As lâmpadas de média pressão requerem 2 a 4 vezes mais energia para funcionar do que as de baixa pressão. Dentro das lâmpadas de baixa pressão existe um grupo chamado de alto rendimento que trabalha com uma amalgama de mercúrio no lugar de mercúrio em gás, o que aumenta as vantagens deste tipo (alto poder desinfetante e baixos requerimentos de energia).

2.5.2.2 Objetivo

A substituição de lâmpadas de desinfecção UV de média pressão por lâmpadas de baixa pressão com alto rendimento

2.5.2.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Tratamento terciário

O equipamento afetado por esta medida melhora o sistema de lâmpadas ultravioleta;

2.5.2.4 Casos de aplicação

As ETAR com elevados custos energéticos na desinfecção UV.

2.5.2.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Potência das lâmpadas
- Número de lâmpadas
- Concentração de patogénicos
- Eliminação das bactérias pretendida

2.5.2.6 Poupança energética

Podem alcançar-se poupanças até 65% com a implementação desta solução. Tem que se ter em conta que o rendimento das lâmpadas de baixa pressão pode chegar a triplicar uma de alta pressão. Por exemplo, para alcançar uma emissão média UV-C de 68W a 254 nm, depois de 100 horas de funcionamento, necessita-se de uma lâmpada de 200W de baixa potência (rendimento igual a 34%), contudo uma de 570W no caso das de alta potência (rendimento igual a 12%) em mil horas de funcionamento só essa lâmpada gasta uns 370kWh

2.5.2.7 Casos de referência

A ETAR de Viveros de la Villa em Madrid possui instalado 24 módulos UV, formado por 864 lâmpadas UV de baixa pressão de 400 W cada uma. Os sistemas UV verticais dispõem de um novo sistema de otimização de energia baseado na desativação de filas de lâmpadas que não são necessárias de utilizar, em função da qualidade da água e as que se encontram ativa podem modificar a sua potência desde 50 a 100%. O controlo da energia se realiza mediante um sistema de gestão central que conjuga os sinais transmitância da água e do caudal, para otimizar a qualquer momento os consumos energéticos. Todas as lâmpadas UV contam com um sistema de limpeza automático que as permite operar sempre nas melhores condições. Outras ETAR que implementaram esta solução é, por exemplo é a ETAR Stockton.

2.6 SISTEMA DE DESODORIZAÇÃO

2.6.1 Automação do sistema de desodorização

2.6.1.1 Contexto

Na atualidade algumas grandes ETAR de depuração contam com sistemas automatizados de desodorização para a eliminação de odores e compostos orgânicos voláteis. No entanto, esta automatização não está de todo aproveitada, uma vez que uma melhoria considerável a qual poderia ser implementada seria a instalação de sensores de partículas/compostos que permitiam modular o tratamento, ativando-se quando a concentração atinge-se o valor máximo pré-estabelecido e diminui-se à medida que essa concentração iria sendo reduzida.

Igualmente, se a instalação encontrava setorizada no programa de automatização poder-se-ia designar set-points diferentes para cada um dos processos segundo os seus níveis de contaminação, conseguindo assim uma poupança energética importante. Com o auxílio desta medida poderia proceder-se ao tratamento de

elevadas cargas de contaminantes com custos de operação baixos e com retorno de investimento a curto prazo.

2.6.1.2 Objetivo

O controlo da renovação de ar mediante sensores de amónio e ácido sulfídrico.

2.6.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Diversos processos afetados, nos que se produzem maiores odores: pré-tratamento, espessadores e desidratadores.

O equipamento afetado por esta medida melhora é o sistema de desodorização.

2.6.1.4 Casos de aplicação

Esta medida seria para aplicar em ETAR com sistema de desodorização não automatizado.

2.6.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- o Odor
- o Potência dos equipamentos
- o Horas de funcionamento
- o Setorização

2.6.1.6 Poupança energética

Podem chegar a alcançar-se poupanças até 75% com a implementação desta solução, visto que evita funcionamentos desnecessários da desodorização. A poupança conseguida dependerá do regime de funcionamento anterior e do grau de ajuste conseguido com a solução executada.

2.6.1.7 Casos de referência

A estação de tratamento de águas residuais de Fuenmayor-Río Antigo com capacidade de tratamento correspondente a 18 667 h.e. com um caudal médio diário de 3 500 m³. Esta instalação aplica o tratamento por lamas ativadas com arejamento prolongada e está dimensionada para nitrificar e desnitrificar, podendo ultrapassar os 80% da eliminação de azoto.

A ETAR dispõe de uma instalação de desodorização que trata do ar do edifício de pré-tratamento e da sala desidratação para evitar possíveis emissões de odores para o exterior. A instalação está automatizada, contando com um sistema de supervisão e controlo de todos os equipamentos.

Outras ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR La Cartuja
- ETAR Torremocha de Jarama

2.7 TECNOLOGIAS RENÓVAVEIS E APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RESIDUAIS DO PROCESSO

2.7.1 Cogeração

2.7.1.1 Contexto

A operação nas ETAR gera lamas que em muitos casos são descartadas. Se transformar estas lamas bioquimicamente (digestão anaeróbia), obtém-se uma mistura de metano (50-80%) e de dióxido de carbono (20-50%) com vestígios de outros gases. Este gás pode ser aproveitado energeticamente de diversas formas: cogeração, produção de calor, injeção na rede de gás, utilização do gás em motores, alimentação de veículo a gás, etc.

A cogeração é um processo pelo qual se obtém energia elétrica e térmica a partir da combustão. Num sistema tradicional de produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis, a maioria da energia contida no combustível se transforma em calor que não se utiliza, o que resulta numa perda até 2/3 da energia total. No entanto, a cogeração permite aproveitar essa energia térmica, otimizando o processo de geração:

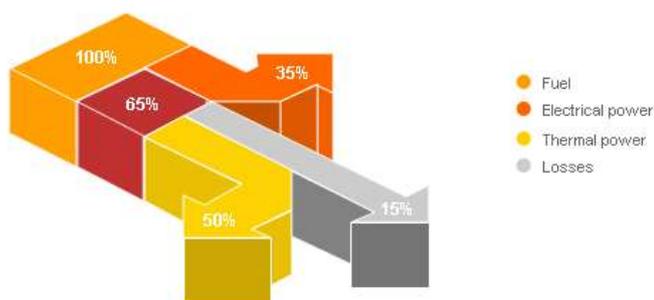


Figura 24: Rendimento da cogeração

O caudal de biogás do digestor se pode utilizar como combustível numa central de cogeração aproveitando assim os próprios recursos da estação.

Existem numerosas tecnologias de cogeração, como motores alternativos, turbinas ou células de combustível. Dado que a digestão anaeróbia trabalha melhor numa gama de temperaturas de 50-60 °C, a energia térmica produzida pelo sistema é tipicamente utilizada para satisfazer a necessidades caloríficas do próprio digestor, assim como para colmatar as necessidades de climatização da estação.

A implementação de uma central de cogeração numa ETAR tem numerosas vantagens entre as que se destacam:

- Produzir energia elétrica a baixo custo
- Redução do consumo de combustíveis fósseis para cobrir as necessidades térmicas
- Redução das perdas de transporte na rede elétrica, uma vez que a energia se produz e se transforma no mesmo local.

2.7.1.2 Objetivo

A implementação de um processo de digestão anaeróbia e uma instalação de cogeração com objetivo de aproveitar a energia elétrica e térmicas obtida a partir da combustão do biogás.

2.7.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores e as instalações de cogeração.

2.7.1.4 Casos de aplicação

Este processo necessita de um investimento elevado nos equipamentos e não é adequada para todo tipo de ETAR. Se recomenda a realização de um estudo, obviamente por economia de escala, quanto maior for a ETAR mais fácil será a implementação de um sistema de cogeração com biogás.

Os custos de investimento podem ir desde dos 1 500 até aos 3 500 €/kW e os custos de produção de eletricidade desde 0,085 até 0,005 €/kWh, dependendo do tamanho da estação, tecnologia implementada, características da água residual e da própria ETAR.

2.7.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Composição das lamas
- Quantidade de lamas
- Energia consumida
- Temperatura exterior
- Espaço disponível

- Habitantes equivalentes tratados
- Localização da instalação
- Capacidade de produção média e de ponta
- Capacidade de armazenamento
- Capacidade de combustão
- Energia necessária da instalação
- Preço de venda de energia

2.7.1.6 Poupanças Energéticas

A poupança desta solução vai depender da eficiência do processo de secagem, do sistema de cogeração e do uso que se dá à energia gerada. Um sistema de cogeração eficiente é aquele que aproveita 100% o calor e eletricidade produzida. No caso da eletricidade, a produção obtida pode consumir-se nas instalações da ETAR no caso que haja excedentes poderá ser injetada na rede geral de fornecimento. O calor é mais complicado, uma vez que na maioria dos casos se deve consumir na sua totalidade na própria ETAR sem que exista uma gestão simples do excedente. O calor pode aproveitar para secagem das lamas, climatização de instalações, etc.

Em qualquer dos casos, o consumo energético continuará a existir, com a diferença de que agora poderá ser proveniente de um sistema mais eficiente e mais económico, além disso mais amigo do meio ambiente.

2.7.1.7 Casos de referência

Espanha

A ETAR de Atalreka tem instalada uma central de cogeração. As lamas extraídas dos processos de tratamento sofrem um tratamento na própria instalação, convertendo em matéria seca para sua utilização como matéria prima biocombustível e extraíndo o biogás, que na própria ETAR é aplicado como combustível para gerar energia elétrica renovável.

No caso desta instalação, a secagem das lamas se realiza mediante vapor de água, o que requiere energia térmica. Para produzir esta energia, a instalação dispõe de três motor geradores que geriam energia elétrica a partir do gás natural, aproveitando o calor gerado neste processo para a secagem das lamas. A energia elétrica obtida nestes 3 equipamentos se consome na própria instalação e na estação de bombagem de Hondartza, vendendo o excedente a companhia distribuidora de eletricidade através da ligação da rede geral.

Adicionalmente, nesta instalação se integram dois bio-geradores que a partir do biogás que se obtém da digestão das lamas, produz energia eléctrica e contribuiu também para a secagem das lamas. Os cinco motores juntos produzem mais de 6,3 milhões de kWh/ano.

Outra instalação de cogeração que utiliza o biogás produzido na própria ETAR é a ETAR de Murcia-Este.

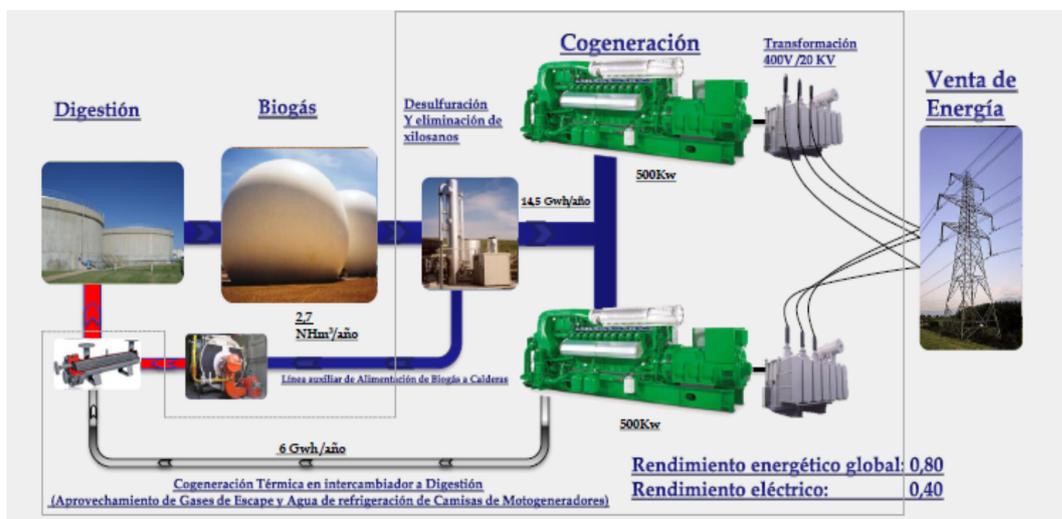


Figura 25: Esquema de funcionamento da cogeração da ETAR Murcia-Este. Fonte: ESAMUR

A cogeração através do biogás é uma solução que se encontra implementado de forma generalizada nas ETAR de maior tamanho devido aos seus bons resultados. Outras ETAR que também adotaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Novelda
- ETAR Pinedo
- ETAR Paterna
- ETAR Alzira-Carcaixent
- ETAR Sitges
- ETAR Monforte del Cid
- ETAR Pobra de Farnals
- ETAR Utiel

Portugal

A ETAR de Vila Real possui uma central de minigeração é constituída por dois módulos de geradores elétricos PREMI 22A, cada um dos quais acionado por um motor de combustão interna, a biogás. O biogás é gerado através da digestão anaeróbia das lamas produzidas no tratamento das águas residuais nessa instalação em dois digestores de 600 m³ de capacidade cada um deles.

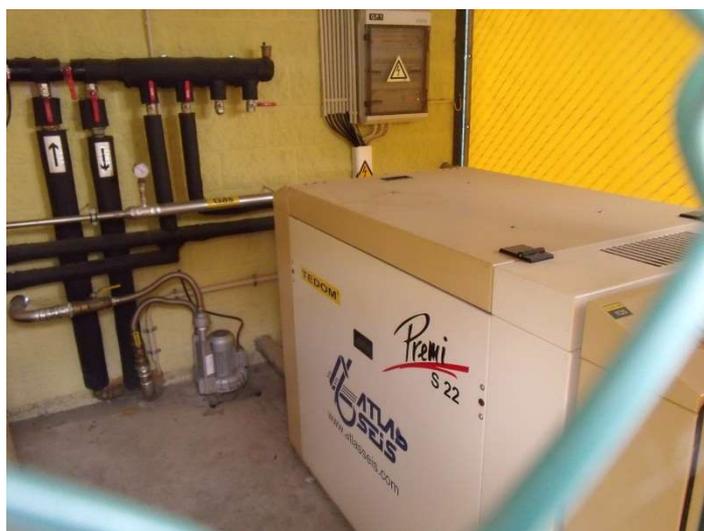


Figura 26: Um dos módulos de cogeração

As principais características técnicas de tais grupos geradores são as seguintes:

Tabela 11. Características do sistema de cogeração implementado na ETAR de Vila Real

Motor	
Modelo	LG4 183 2 AA
Cilindrada	1 300 cm ³
Potência	77,5 kW
Gerador	
Modelo	LG4 183 2 AA
Tensão	230/400 V
Potência elétrica	22 kW

Potência térmica	42 kW
------------------	-------

A energia elétrica produzida nestes módulos de cogeração é integralmente consumida pela ETAR de Vila Real, através de ligação elétrica trifásica em baixa tensão dotada com o respetivo equipamento de medição. A energia elétrica produzida por este equipamento representa aproximadamente 11% de energia elétrica consumida pela ETAR (75 MWh/ano). Para aproveitamento da energia térmica dissipado pelo(s) motor(es) de acionamento, a central de minigeração possui os permutadores de calor necessários ao aquecimento de água. O biogás além de alimentar a central cogeração, também é utilizado no próprio digestor anaeróbio de forma a garantir o bom funcionamento destes em termos de pressões e de homogeneização bem como numa caldeira de apoio a qual é utilizada para manter a temperatura dos digestores.

Outra instalação de cogeração que utiliza o biogás produzido na própria ETAR é a ETAR do Freixo.

2.7.2 Codigestão

2.7.2.1 Contexto

Em alguns casos, seja por sobredimensionamento ou quando as condições o permitam, se pode dispor de uma capacidade no digestor superior à necessária. Nesta situação, se pode utilizar o digestor anaeróbio para transformar outros resíduos, como os procedentes de explorações agrárias juntamente com as lamas.

A codigestão, é como se denomina este processo, tem certas vantagens que tornam uma opção muito interessante para valorizar:

- Aproveita a complementaridade dos resíduos
- Torna os processos mais estáveis
- Reduz a dependência dos substratos
- Aumenta a produção de biogás
- Melhora a gestão sustentável dos resíduos orgânicos, embora as suas possibilidades dependem muito do meio ambiente.

2.7.2.2 Objetivo

O aproveitamento da capacidade do digestor, para aumentar a sua produção com a utilização de outros substratos para reduzir os custos da produção de biogás por economia de escala.

2.7.2.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

2.7.2.4 Casos de aplicação

A codigestão se recomenda nos casos de se dispor de um digestor com uma capacidade maior do que a necessária para tratar as lamas e quando existe a disponibilidade de se adquirir recursos de diferentes explorações agrárias compatíveis com o processo de digestão.

2.7.2.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Massa da matéria adicional

- Custo da matéria adicional
- Produção de biogás
- Rendimento do digestor
- Custo de operação

2.7.2.6 Poupanças Energéticas

As vantagens da codigestão não residem na poupança energética, mas sim na otimização das instalações de tratamento, na valorização de resíduos e uma maior produção de biogás.

2.7.2.7 Casos de referência

Nas ETAR de Pobra de Farnals e Molina de Segura se realizou uma experiência conjunta de codigestão, aproveitando o volume do digestor existente para incorporar outros substratos que compensaram o balanço de nutrientes e de humidade, melhorando assim o rendimento do processo e a produção de biogás.

Tabela 12. Experiências Codigestão- Características das ETAR de Pobra de Farnals e Molina de Segura

	Pobra de Farnals	Molina de Segura
Caudal de projeto (m ³ /d)	30 000	25 000
Nº digestores	1	1
Volume digestor (m ³)	5 400	7 612

Analisando os resultados obtidos se observa que a produção de biogás aumentou em ambas as ETAR, embora o efeito depende também de aspetos como o tempo de retenção no digestor e da composição dos lixiviados descarregados e entre outros efeitos:

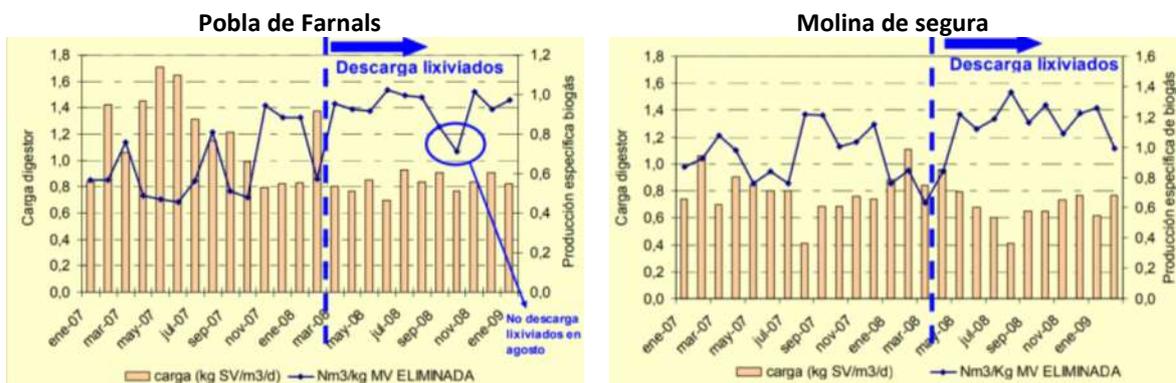


Figura 27: Resultados da produção de biogás

Outro caso de êxito, é da ETAR de Sant Feliu. Se trata de uma estação de tratamento biológico de eliminação de nutrientes que trata 17 000 000 m³/ano e inclui um tratamento terciário de regeneração para o aproveitamento final de parte do efluente para agricultura ou regadio.

As lamas produzidas pela ETAR são bombeadas para um sistema de digestão anaeróbia composta por dois digestores de 6 000 m³ de capacidade cada um. A codigestão foi criada neste caso como uma forma de potenciar a produção de biogás, de maneira que se pudesse manter a funcionar permanentemente o motor de cogeração. A eletricidade produzida por este se vende a rede geral.

Se seleccionaram produtos em formato líquido compatíveis com o processo de codigestão anaeróbia, que se incorpora de forma escalonada e progressiva. Os resultados mostram como a produção de biogás aumentou em mais de 125% e a geração de energia em 180%, sendo esta de 13 160 kWh/dia, quase 100% da energia consumida pela ETAR, cerca de 14 350 kWh.

Tabela 13. Experiências Codigestão- Resultados ETAR Sant Feliu

Caudal de projeto (m ³ /dia)	Tratamento Lamas	Produção biogás (Nm ³ /dia)	Geração eletricidade (kWh/dia)
64.000	Digestão anaeróbia	2 950	4 700
	Codigestão anaeróbia	6 725	13 600

Outras ETAR que também adotaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Quart-Benàger
- ETAR Alzira-Carcaixent
- ETAR Novelda

Portugal

No âmbito de um projeto realizado entre Águas do Porto e o INEGI foi efetuado um estudo relacionado com a viabilidade técnica e económica da transformação de parte do biogás produzido na ETAR do Freixo (350 400 m³/ano) oriundo da digestão anaeróbia das lamas produzidas nesta ETAR em biometano e a sua posterior injeção na rede de gás natural (GN), assegurando que sejam os requisitos técnicos, de qualidade e de segurança sejam obedecidos.

Considerou-se a sua utilização a usos térmicos, quer no setor industrial, quer no setor doméstico e dos serviços, abrindo, ainda, a possibilidade da sua utilização no abastecimento de veículos a GN (GN veicular) em postos de enchimento dedicados. Nesse estudo igualmente considerada que era estipulada uma tarifa de venda à rede comercializadora desta utilidade, caso similar ao que ocorre com a eletricidade.

Tal como referido anteriormente, de forma a obedecer os requisitos em termos composição e energéticos, o biogás produzido deveria passar um processo de tratamento antes de ser injetado na rede. Assim, e recorrendo a um *software freeware Biomethane Calculator* desenvolvido no âmbito do projeto europeu *Biomethane Regions* cofinanciado pelo programa *Intelligent Energy Europe* foi efetuado um estudo comparativo que contemplou quatro tecnologias de tratamento: recurso a membranas de permeação gasosa, depuração por líquidos ou por aminas e adsorção por modelação de pressão.

Para além de uma análise quantitativa das correntes gasosas após tratamento e do volume de gás produzido, o *software* possibilitou, também, avaliar os custos incorridos com cada tecnologia em termos de investimento e despesas de operação e manutenção.

Tabela 14. Estudo económico para diferentes tecnologias de biometanização

		Membrana de permeação gasosa de recuperação média	Water Scrubbing	Amine Scrubbing	PSA
Investimento [€]		584 817,00	796 177,00	943 095,00	1 100 313,00
Custos de tratamento	Depreciação [€/ano]	38 987,80	53 078,47	62 873,00	73 354,20
	Custos operacionais [€/ano]	59 131,00	82 455,00	84 771,00	69 495,00
	Custos com propano [€/ano]	19 994,00	20 625,00	21 038,00	20 625,00
	Custos outros químicos [€/ano]	200,00	200,00	200,00	200,00
	Custo total anual [€/ano]	118 312,80	156 358,47	168 882,00	163 674,20
Custos específicos	Por volume de biogás [€/m ³]	0,4382	0,5501	0,6023	0,6036
	Por volume de biometano [€/m ³]	0,6394	0,7782	0,8353	0,8538
Receitas da venda de biometano [€/ano]		260 811,52	269 378,32	274 137,65	269 378,32
Poupanças conseguidas [€/ano]		142 498,72	113 019,85	105 255,65	105 704,12
PRI [anos]		3,22	4,79	5,61	6,14

Do estudo económico realizado concluiu-se que, apesar dos caudais volúmicos de biometano provenientes das diferentes tecnologias serem muito similares, as membranas são a tecnologia mais económica dado os seus menores custos de investimento e de manutenção e operação.

2.7.3 Isolamentos dos digestores

2.7.3.1 Contexto

Os sistemas de tratamento de lamas para a produción de biogás são equipamentos com anos de operación. Muitos destes equipamentos não possuem isolamento adecuado, caso possuam algum. Uma fonte de perdas nas instalacións industriais é o isolamento de equipamentos e as condutas que os interligam. Os digestores são equipamentos que podem traballar a temperaturas entre 55 e 60 °C, razón polo o qual muitos utilizan isolamento térmico, tal como os permutadores de calor. Sem um bom isolamento, uma parte do calor fornecido se dissiparía para o ambiente, aumentando as necesidades caloríficas. Isolando os digestores, as temperaturas permanecen na gama desejada máis facilmente e se melhora o rendemento do proceso. Esta medida se recomenda para digestores como moitos anos de operación

2.7.3.2 Objetivo

A redución das perdas em forma de calor dos digestores.

2.7.3.3 Processos e equipamento afetados

A solución descrita é aplicábel nos seguintes procesos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

2.7.3.4 Casos de aplicación

Os digestores com varios anos de funcionamento ou em regiões de temperaturas baixas, nas quais as perdas de calor são consideráveis.

2.7.3.5 Dados principais necesarios para avaliación da medida

Os datos que devem considerar para fazer a avaliación da medida são:

- Características do isolamento actual
- Características do isolamento futuro
- Temperatura interior
- Temperatura ambiente
- Custo asociado ao isolamento
- Custo energético

2.7.3.6 Poupança energética

Se pode atingir poupanças até uns 10% com a implementação desta solução, embora seja difícil estabelecer à priori as poupanças energéticas obtidas.

A poupança energética provém da diminuição da necessidade calorífica solicitada aos equipamentos de aquecimento para manter a temperatura ideal no interior do tanque digestor.

O isolamento pode realizar-se com material isolante como poliestireno, poliuretano, fibra de vidro, etc. Normalmente a espessura deste é calculado de forma a se obter coeficientes de transferência de calor de 2,16 a 3,6 kJ/(m²h°C).

O cálculo da espessura do isolamento deve ser tal que garanta o gradiente de temperaturas adequado, minimizando o investimento necessário.

2.7.3.7 Casos de referência

A ETAR de Crispijana, projetada para o tratamento de 185 000 m³/dia e 480 000 h.e foi realizada uma impermeabilização integral com resinas tanto no interior como exterior de um dos digestores (nº 3) e o isolamento perimetral com espuma de poliestireno extrudido do depósito para reduzir os esforços derivado da diferença de temperaturas.

Outras ETAR que também implementaram esta solução foi a ETAR de Pinedo.

2.7.4 Injeção na rede do biogás gerado

2.7.4.1 Contexto

A injeção do biogás na rede é uma tecnologia que, todavia, ainda não tem havido muitos casos quer em Espanha quer em Portugal. Tem existido bastantes dificuldades, por falta de regulamentação e normalização no que refere a qualidade e condições de procedimento de injeção de gás na rede.

O gás injetado deve cumprir as condições impostas por parte do Gestor Técnico do Sistema Gás tanto em termos de composição como de caudal, o que às vezes não é fácil devido a procedência do biogás.

O biogás gerado nas instalações de digestão anaeróbia possui cerca de 60% de metano, o que permite o seu uso nas caldeiras ou nos sistemas de cogeração. Mas para poder injetar na rede dever-se-á eliminar ou converter o CO₂, obtendo-se biometano. Este processo deve realizar-se em estações purificadoras, no entanto nos dias de hoje o número deste tipo de instalações na Europa não é superior a 500, localizadas principalmente na Alemanha e na Áustria.

2.7.4.2 Objetivo

A injeção de biogás gerado na ETAR na rede de gás.

2.7.4.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

2.7.4.4 Casos de aplicação

Não existentes.

2.7.4.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Produção de biogás
- Custo do gás gerado
- Preço do gás

2.7.4.6 Poupança energética

Neste caso não poder-se-á falar de uma poupança energética, devido que não existe uma redução do consumo de energia da ETAR. Se trata principalmente de um esforço para valorizar os resíduos tratados nas estações, incorporando energia renovável e melhorando a viabilidade económica da ETAR e seus serviços

2.7.4.7 Casos de referência

Espanha

No âmbito de um projeto desenvolvido por Gas Natura Fenosa e Energylab instalou na ETAR de Bens, com uma geração de biogás 400 Nm³/h, uma instalação de purificação de membranas para tratar um caudal aproximado de 1 Nm³/h. Se trata de uma instalação-piloto, destinada a determinar os parâmetros de funcionamento ótimos e as limitações e condições reais da tecnologia.

Outras ETAR que também implementaram esta solução é, por exemplo, a Estação de biogás de Valdemingómez.

2.7.5 Motores a gás

2.7.5.1 Contexto

À medida que o custo da energia aumenta e a ênfase nas energias renováveis aumenta, as autoridades locais e municípios estão a procurar soluções que poupam dinheiro e cumpram com os requisitos renováveis. Os motores a gás (que funcionam com biogás produzido na própria instalação) proporcionam uma solução de energia renovável que resulta em poupanças a longo prazo para a ETAR.

2.7.5.2 Objetivo

A utilização do gás produzido na digestão nos motores a gás que substituem os motores elétricos.

2.7.5.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são os digestores de lamas.

2.7.5.4 Casos de aplicação

A ETAR com geração de biogás e com motores possíveis de substituir por motores a gás.

2.7.5.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Produção de biogás
- Custos do motor a gás
- Consumo energético do motor
- Custo da energia elétrica
- Horas de funcionamento do motor
- Custo do gás gerado

2.7.5.6 Poupança energética

Esta medida não supõe uma redução do consumo energético da instalação, mas a substituição dos motores elétricos, que funcionam com energia procedente da rede geral, por motores que funcionam com um combustível procedente da valorização dos resíduos da própria ETAR, fechando o ciclo de otimização dos tratamentos realizados.

2.7.5.7 Casos de referência

Outras ETAR que também implementaram esta solução são, por exemplo: Nilothi WWTP, Dan Región WWTP ou ETAR Mapocho-Trebal.

2.7.6 Secagem solar de lamas

2.7.6.1 Contexto

Com objetivo de reduzir o volume das lamas nas ETAR existem diferentes tipos de processos segundo o grau de humidade final pretendido: espessamento, desidratação e secagem térmica

A secagem térmica é o método utilizado mais comum, que atinge índices de secagem de lamas até 90%. Além disso, o gasto energético associado ao processo é muito elevado, é usual que o calor provenha da combustão do gás natural, do próprio biogás da ETAR ou de bombas de calor. A utilização de tecnologias de secagem solar de lamas pode reduzir substancialmente o gasto energético, estes sistemas se baseiam normalmente numa secagem por meio de estufa com dispositivos de ventilação e movimentação de lamas.

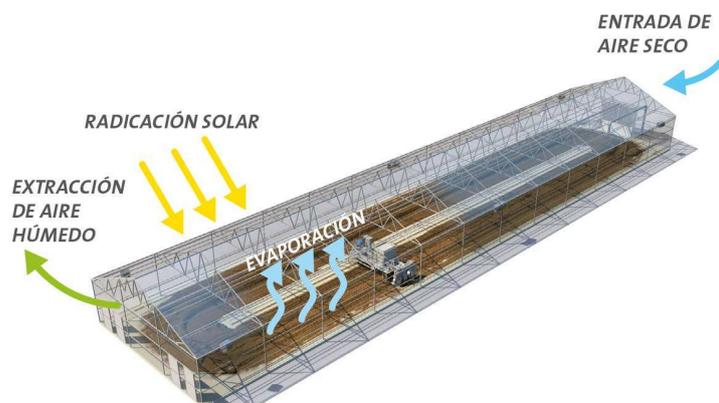


Figura 28: Instalação de secagem solar de lamas. Fonte: Veolia Water Technologies

2.7.6.2 Objetivo

A implementação de um sistema de secagem de lamas a partir da energia solar térmica.

2.7.6.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Linha de lamas

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são na secagem de lamas.

2.7.6.4 Casos de aplicação

Um sistema de secagem solar térmica reduz os custos de operação e manutenção comparativamente a um sistema de convencional. É aplicável naquelas ETAR que tenham um elevado custo devido à secagem das lamas e que tenham espaço disponível para instalação deste tipo, as dimensões da instalação será função não só da radiação incidente na localização da ETAR, mas também do grau de secagem pretendido e da taxa de produção de lamas.

2.7.6.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Dados da radiação solar
- Características da lama
- Volume de lama a tratar
- Características meteorológicas: temperatura, humidade, precipitação, vento...
- Humidade final pretendida
- Utilização final das lamas

2.7.6.6 Poupança energética

Se podem chegar a poupanças de 80% com a implementação desta solução.

Uma instalação de secagem solar deste tipo tem um consumo médio de 20-30 kWh/ton de água extraída, rácio que se pode comparar com o consumo atual de uma ETAR. Por exemplo, um túnel de secagem térmica com bombas de calor consumiria 510 kWh/ton evaporada.

2.7.6.7 Casos de referência

A ETAR de Montaña Blanca, com uma capacidade de 3 000 m³/dia e uma produção de 260 ton Matéria Seca/ano, instalou um campo de secagem solar em 2007, com uma área de 700 m² e uma potência total instalada em equipamento de 14 kW.

Outras ETAR que também implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Alto Iregua
- Intalação de Can Canut

2.7.7 Minieólica

2.7.7.1 Contexto

A implantação dos sistemas eólicas em instalações industriais para a autogeração de energia eléctrica é cada vez mais atractiva devido a diminuição dos custos de fabricação das turbinas eólicas e o incremento do preço da energia eléctrica.

As ETAR são instalações particularmente interessantes para instalação deste tipo de tecnologias pois têm consumos durante as 24 horas, de modo que, com uma instalação corretamente dimensionada se poderá aproveitar toda a energia produzida.

As turbinas minieólicas, aquelas com potências instaladas inferiores a 100 kW, se podem classificar em dois grupos: de eixo vertical e de eixo horizontal. Estas últimas são aquelas mais utilizadas.

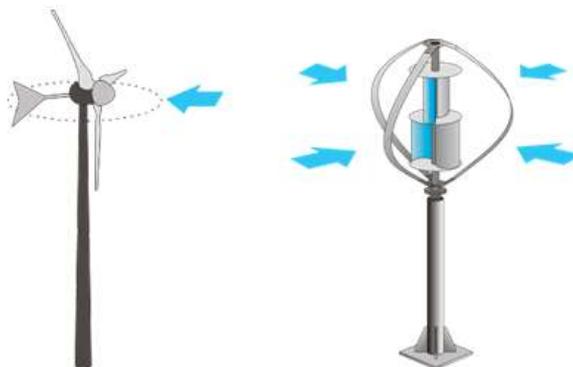


Figura 29: Turbinas de eixo horizontal e vertical. Fonte:e-watt

A utilização de energia eólica tem como vantagem, relativamente ao solar, de que não depende não só o que gera do dia, no entanto apresenta maiores custos de manutenção associados.

2.7.7.2 Objetivo

A implementação de uma instalação de minigeração eólica para cobrir as necessidades de base da ETAR.

2.7.7.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Produção de energia

2.7.7.4 Casos de aplicação

Devido às necessidades de base que apresenta uma ETAR, o uso de energias renováveis de caráter aleatório e intermitente como a eólica ou a solar são uma opção a considerar. Com um dimensionamento correto poder-se-á aproveitar toda a energia produzida pelas referidas fontes. O fornecimento de eletricidade ficaria garantido mantendo a ligação com a rede elétrica, evitando assim a instalação de baterias.

Para a instalação de um sistema minieólico é fundamental que a localização da ETAR tenha umas condições ótimas de vento para obter o melhor aproveitamento deste recurso. É importante conhecer a velocidade média do vento assim como a sua distribuição. Além disso, é fundamental poder contar com uma área livre de obstáculos nas direções predominantes do vento de forma evitar turbulências indesejadas.

2.7.7.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Velocidade média do vento
- Distribuição de velocidades
- Preço da energia elétrica
- Necessidade energéticas da ETAR

Ao contrário da energia solar, não existe uma uniformidade por áreas do recurso eólico. A análise do recurso eólico disponível é complexo e deverá ser realizado por empresas especializadas. Para dispor de uma orientação sobre a disponibilidade do vento e a produção esperada na zona se pode utilizar as bases de dados disponíveis, como o Atlas Eólico de Espanha, desenvolvido por o IDAE. No caso de Portugal, existem o mesmo tipo de empresas as quais fazem o mesmo tipo de previsão quanto a disponibilidade desse recurso e respetivas características (por exemplo Prewind)

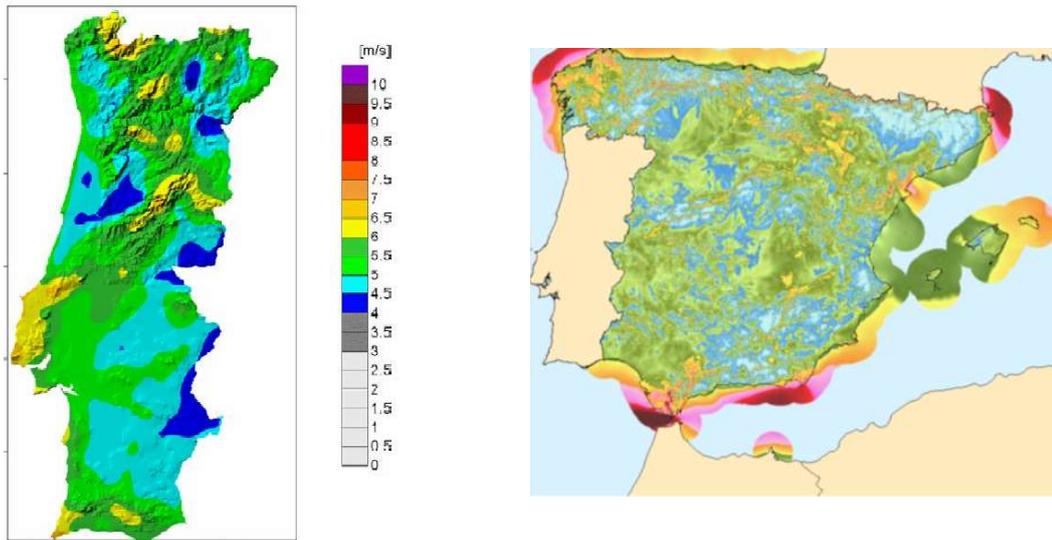


Figura 30: Atlas Eólico de Portugal e Espanha

2.7.7.6 Poupança energética

Se podem chegar a poupanças de 10% ou inclusivamente superiores com a implementação desta medida. Quanto maior for a potência instalada, maior será a produção sempre que exista recurso eólico e maior será a poupança. No entanto é também evidente que será necessário realizar um maior investimento, devido a esse fato é importante encontrar um equilíbrio entre o investimento e a poupança obtida e além disso evitar instalações sobredimensionadas.

Para poder avaliar tecnicamente e economicamente esta melhoria se deverá proceder a:

- Análise da curva da necessidade de energia elétrica
- Análise da distribuição dos custos da energia elétrica segundo os períodos
- Análise da disponibilidade do recurso eólico
- Dimensionamento da instalação eólica, determinando a potência a instalar necessária para gerar a máxima poupança, ou seja, que cubra uma percentagem elevada das necessidades da ETAR uma vez que estas instalações estão pensadas para autoconsumo.
- Cálculo da poupança energética, de acordo com o recurso disponível e a potência da instalação.
- Cálculo da poupança económica anual tendo em conta o custo da energia por cada período, a diminuição da potência contratada e os custos de manutenção

- Cálculo das variáveis económicas como a VAL (Valor Anual Líquido), a TIR (Taxa interna de Rentabilidade) e o período de retorno de investimento.

Existem ferramentas como o Atlas Eólico de Espanha que permitem realizar uma primeira estimativa da produção esperada, para o caso de aerogerador de 100 kW.

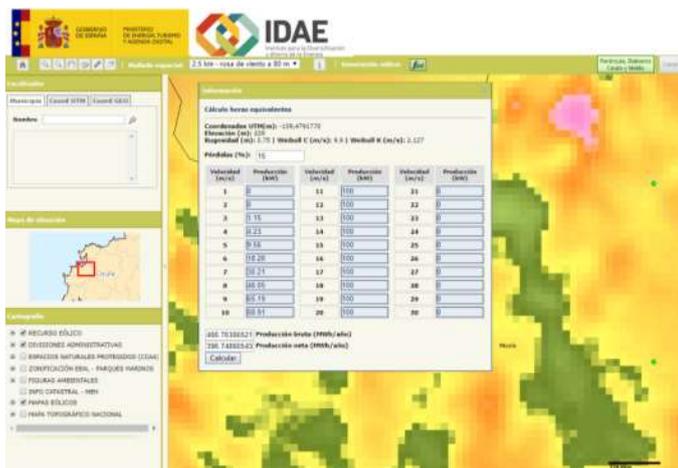


Figura 31: Cálculo da produção através do Atlas Eólico de Espanha

2.7.7.7 Casos de referência

No projeto Life RENEWAT se instalou na ETAR de Archena um sistema de energias renováveis para autoconsumo formado por 100 kW de fotovoltaico e un aerogerador de 5 kW de potência, que alimenta uma ETAR e uma bomba de lamas de excesso isolada da rede.



Figura 32: Instalação de renováveis ETAR Archena. Fonte: RENEWAT

Também dentro de um projeto europeu, RETALER II, se instalou 4 geradores mini-eólicos em 4 estações de pequeno tamanho: As Touza, Baltar, Monterrei e Sandias e Ourense, aproveitando que nesta zona de Galiza se registam umas 1800 horas equivalentes.



Figura 33: Instalação eólica na ETAR de Baltar. Fonte: Projeto RETALER II

2.7.8 Energia Solar Fotovoltaica

2.7.8.1 Contexto

Os painéis solares fotovoltaicos convertem directamente a radiação solar em energia eléctrica limpa, renovável, sem emissões, ruído ou poluição. A energia solar fotovoltaica é uma tecnologia madura, com centenas de GW de potência instalada a nível mundial e compete a nível de custos de produção com as fontes de geração tradicionais. Não tem componentes móveis e por tanto requiere o mínimo de manutenção.

As ETAR são estações particularmente interessantes para instalação deste tipo de tecnologias pois têm consumos permanentes durante todo o dia e durante todos os dias do ano, de modo que, com uma instalação solar corretamente dimensionada, se poderá aproveitar toda a energia produzida pela instalação fotovoltaica, maximizando assim os benefícios obtidos.



Figura 34: Instalação fotovoltaica na ETAR de Copero (Sevilla) e ETAR de Torremayor (Badajoz)

2.7.8.2 Objetivo

O objetivo desta solução é a implementação de uma instalação solar fotovoltaica com objetivo de reduzir o consumo de energia eléctrica da instalação.

Pelo carácter transnacional deste projeto e as diferentes condições regulatórias de cada país enquanto a venda de energia a rede, nesta secção se analisarão instalações fotovoltaicas de autoconsumo sem venda de energia eléctrica, ou seja, dimensionadas para cobrir as necessidades de base da ETAR e que não injetam energia na rede.

2.7.8.3 Casos de aplicação

Devido às necessidades de base permanente que apresenta uma ETAR, o uso de energias renováveis de carácter aleatório e intermitente como o solar fotovoltaico é uma opção interessante a considerar. Com um dimensionamento correto baseado na necessidade base poder-se-á aproveitar toda a energia produzida pelas ditas fontes. A seguinte figura mostra a necessidade energética horária (kWh) durante a primeira semana do ano de um ETAR de Galícia projetada para tratar 48 000 habitantes equivalentes de projeto e um caudal diário 12 000 m³/dia. Como se pode observar a necessidade da ETAR é considerável durante todo o período.

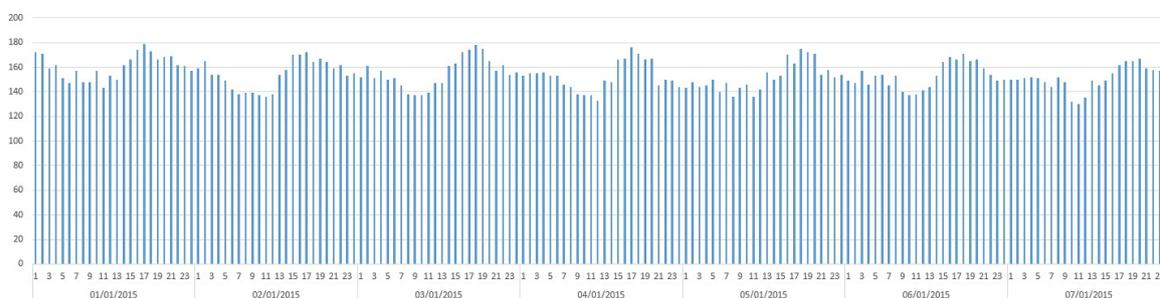


Figura 35: Consumo energético de uma ETAR de Galiza durante um período de uma semana.

Um as condições de radiação mais favoráveis implicam uma produção de energia maior, se deve consultar, portanto um mapa de radiação solar na localização da estação aquando do estudo da viabilidade técnico-económica da instalação solar. Além disso, se deve considerar a presença de sombreamento no espaço disponível da ETAR limitando assim o tamanho da instalação solar.



Interreg
Espanña - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional



UNIÓN EUROPEA

AQUALITRANS

PROGRAMA DE COOPERAÇÃO
INTERREG V-A ESPAÑA-PORTUGAL (POCTEP) 2014-2020 - PROGRAMA DE
COOPERAÇÃO INTERREG V-A ESPAÑA-PORTUGAL (POCTEP) 2014-2020

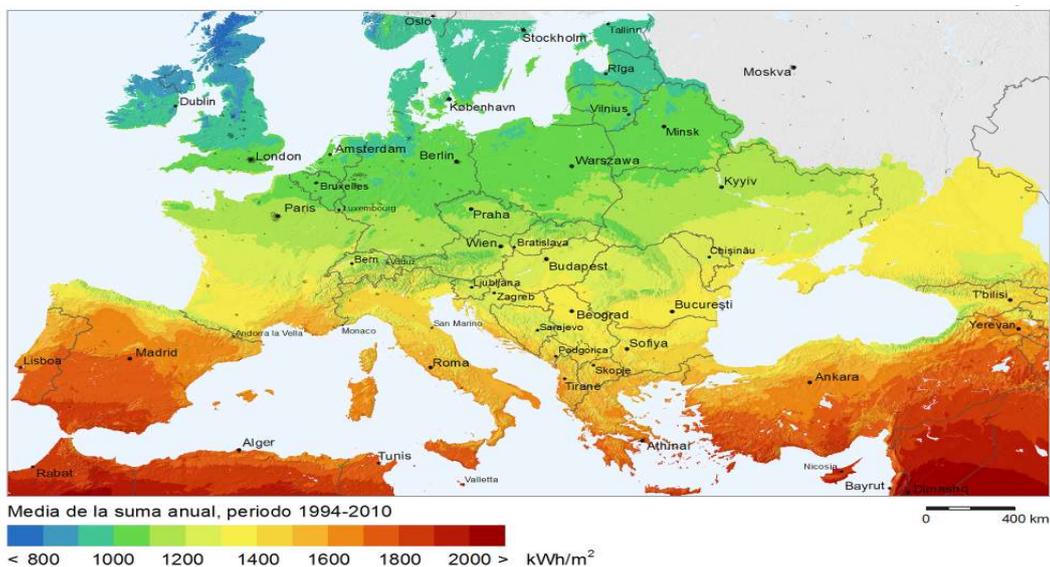


Figura 36: Mapa de irradiação horizontal recebida na Europa.

A figura anterior mostra a localização privilegiada de Espanha e Portugal em termos de kWh/m² de radiação horizontal recebida relativamente a outros países europeus.

2.7.8.4 Dados principais necessários para avaliação da medida

- Necessidade de base da ETAR
- Dados de radiação na localização da ETAR
- Preço de compra da energia elétrica por parte da ETAR
- Custos de investimento e de manutenção

2.7.8.5 Poupança energética

Se pode chegar a poupanças até uns 15% com a implementação desta solução. Com objetivo de conhecer a poupança energética que uma instalação fotovoltaica pode trazer, se deve levar a cabo o seguinte procedimento.

- Análise da curva de necessidade de energia elétrica
- Análise da distribuição de custos de energia elétrica segundo períodos tarifários
- Análise da radiação incidente na zona e dimensionamento da instalação solar fotovoltaica para gerar a máxima poupança (neste caso tendo em conta que a instalação no vende energia à rede)
- Cálculo da poupança energética segundo radiação incidente e dimensão da instalação.

- Cálculo da poupança económica anual tendo em conta o custo da energia por cada período, a diminuição da potência contratada e os custos de manutenção.
- Cálculos de variáveis económicas como o VAL, a TIR e o período de retorno do investimento.

Na seguinte figura se mostra um gráfico do cash-flow acumulado para um investimento de uma instalação fotovoltaica sem injeção na rede de 7 kW, para os pressupostos de um custo de manutenção de 183 €/ano, um IPC elétrico de 4% e perdas anuais de rendimento de 0,3%. Com estas premissas se obtém um período de amortização sensivelmente menor que 8 anos e um TIR de 10,3%.

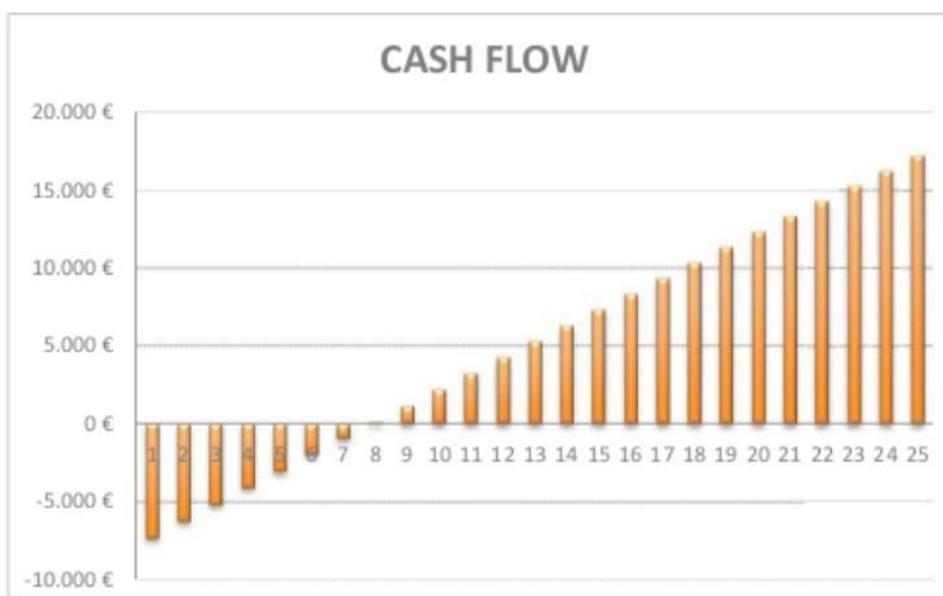


Figura 37: Cash-Flow acumulado para uma instalação fotovoltaica de 7 kW.

2.7.8.6 Casos de referência

Espanha

A ETAR de Torremayor possui uma instalação solar fotovoltaica de 11,96 kW, suportado mediante uma estrutura inclinada sobre o telhado. A produção estimada é de 18 861 kWh/ano, sendo também implementado um sistema de gestão e monitorização.

A ETAR de Múrcia Este com uma potência instalada de 520 kWp, sobre o solo, produz anualmente 5 700 MWh/ano.

Outras ETAR que também implementaram esta solução são por exemplo:

- ETAR Molina Norte
- ETAR La Hoya
- ETAR Copero

Portugal

Na ETAR do Freixo, está em fase de execução a construção de uma instalação solar fotovoltaica de 450 kWp nas mediações da ETAR. A produção estimada anual será cerca de 618 339 kWh de energia elétrica, o que representa 15% do consumo global de energia elétrica. Na figura seguinte se encontra exemplificado a disposição deste campo solar, bem como a produção estimada deste ao longo do ano.

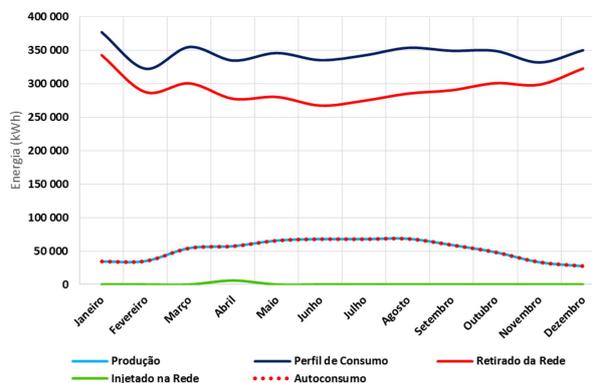


Figura 38: Imagem da instalação solar a implementar no Freixo e respetivo consumo e produção mensal estimada.

Na ETAR de Sobreiras, também se encontra em fase de execução a instalação de campo solar fotovoltaico de 230 kWp, estima-se que irá produzir anualmente cerca 315 000 kWh o que representa 3% do consumo global de energia elétrica da estação. Na figura seguinte se encontra a disposição do campo solar na ETAR bem como a caracterização produtiva deste ao longo dos diferentes meses do ano.

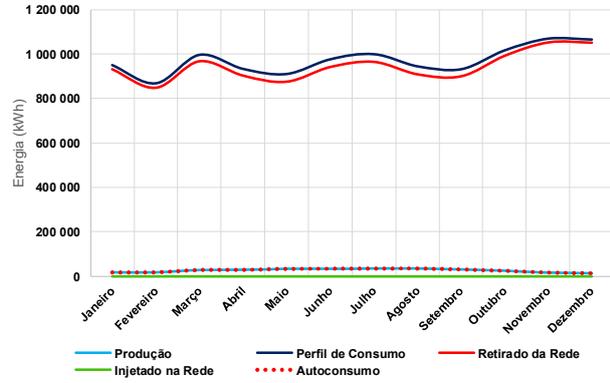


Figura 39: Imagem da instalação solar a implementar em Sobreiras e respetivo consumo e produção mensal estimada.

2.7.9 Aproveitamento da energia hidráulica

2.7.9.1 Contexto

O aproveitamento da energia potencial e cinética da água para sua transformação em energia elétrica é uma prática vulgarmente utilizada. Em muitas estações existem desníveis entre cotas donde esta energia pode ser transformada em energia elétrica através da utilização de uma turbina. Se trata de uma energia limpa, com custos de operação baixos e com uma alta disponibilidade, embora os custos de manutenção podem ser elevados devido a esse fato é necessário realizar um estudo de viabilidade detalhado para cada caso.

2.7.9.2 Objetivo

A instalação de turbinas capazes de obter parte da energia cinética e/ou potencial da água de entrada ou saída da ETAR.

2.7.9.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Produção de energia

2.7.9.4 Casos de aplicação

Existem duas localizações donde se pode instalar este tipo de equipamento:

- Na entrada da ETAR, sempre que esta localizada a uma menor cota que a rede de saneamento. Neste caso, devido a ser águas ainda não tratadas, será necessário escolher uma turbina projetada para águas brutas e será necessário também realizar um pré-tratamento antes da turbina.
- Na saída da ETAR, no efluente, quando existe uma diferença de cotas entre a entrada da ETAR e a saída, uma vez que se trata de água já tratada as exigências da turbina são menores.

2.7.9.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Diferença de cotas
- Caudal

2.7.9.6 Poupança energética

Se podem chegar a poupanças de 3% com a implementação desta medida.

2.7.9.7 Casos de referência

Um exemplo de projeto de aplicação da referida medida é a ETAR de La Cartuja (Zaragosa), onde está a decorrer o projeto de aproveitar o desnível de 8,50 m que existe entre a saída da água tratada e a lâmina de água do rio Ebro. Neste caso, a ETAR foi contruída a uma cota mais elevada que o rio para proteger das cheias. A produção de energia prevista com esta medida será de aproximadamente 685 000 kWh por ano.

Outras ETAR que também implementado esta solução são, por exemplo, a ETAR de Cartelle.

2.8 ILUMINAÇÃO

2.8.1 Melhoria do sistema de iluminação

2.8.1.1 Contexto

As tecnologias de iluminação que mais frequentemente se podem encontrar nas estações de tratamento (ordenadas de menor a maior eficiência) são:

- Incandescentes
- Halogéneas
- Fluorescentes compactas
- Fluorescentes tubulares
- Halogéneos metálicos
- Sódio de baixa pressão
- LED

As novas tecnologias apresentam melhores relações lm/W e, portanto, diminuem o consumo energético. Embora a potência instalada da iluminação nas ETAR, não seja significativa, existem luminárias que funcionam um número elevado de horas e a energia poupada através da utilização de tecnologias com maior rendimento pode ser apreciável.

Nos últimos anos, o desenvolvimento da tecnologia LED colocou no mercado luminárias e lâmpadas muito eficientes, fiáveis, elevado tempo de vida útil, ajustáveis e com consumos inferiores a 20% das luminárias tradicionais.

2.8.1.2 Objetivo

A substituição das luminárias existentes por outras que possuem um maior rendimento.

2.8.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Sistemas de iluminação

Os equipamentos afetados por esta medida de melhoria são as luminárias.

2.8.1.4 Casos de aplicação

É uma medida aplicável a todos os centros que utilizam sistemas de iluminação pouco eficientes.

Dependendo fundamentalmente da tecnologia e do número de horas anuais de funcionamento das luminárias a analisar, os períodos de retorno de investimento poderão ser mais ou menos atrativos.

2.8.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Tecnologia das luminárias
- Horas de utilização
- Potência instalada
- Custo da energia elétrica

2.8.1.6 Poupanças Energéticas

Se podem alcançar poupanças até 40% com implementação desta solução.

Para um cálculo simples da poupança, se pode determinar a potência instalada nos equipamentos existentes e que resultaria depois da substituição por LED. A partir daqui, basta estabelecer um consumo (em função de número de horas de funcionamento) e seu custo.

Tabela 15. Potências equivalentes em função da tecnologia

Potencias equivalentes (W)		
Incandescência Halógenos	Baixo Consumo Fluorescentes	Lâmpadas LED
10	-	1
20	-	3
25	-	5
35	-	7
60	20	10
80	24	12
100	30	15
150	40	20

Supondo, por exemplo, uma ETAR com os seguintes equipamentos de iluminação.

- 4 fluorescentes de 30 W instalados nas salas de controlo, funcionando 10 h/dia
- 6 lâmpadas de baixo consumo de 20 W nas casas de banho com um funcionamento diário de 3 horas
- 10 focos de halógeno exteriores com 100 W de potência cada um, com um funcionamento em média de 8 h/dia

O consumo anual destes equipamentos se pode calcular aproximadamente:

Consumo (kWh)= Potência instalada x horas de funcionamento $(4 \times 30 \times 10 + 6 \times 20 \times 3 + 10 \times 100 \times 8) \times 365 / 1000 = 3\,489,4$ kWh/ano

Se as substituir por seus equivalentes em LED:

Consumo (kWh)= $(4 \times 15 \times 10 + 6 \times 10 \times 3 + 10 \times 15 \times 8) \times 365 / 1.000 = 722,7$ kWh/ano

Se consegue, portanto, uma poupança energética anual de 2 766,7 kWh/ano. Se considerar um custo da eletricidade de 0,12 €/kWh, a poupança económica rondaria os 335€/ano. Ao se tratar de uma medida de baixo custo, inferior a 2 000 €, o período de retorno do investimento inicial é muito baixo.

2.8.1.7 Casos de referência

O processo de tratamento da ETAR de La Hoya é por lamas ativadas de dupla etapa com digestão anaeróbia e desinfecção por raios UV e está projetada para uma população de 80 000 habitantes equivalentes. Nesta ETAR as melhorias na iluminação conseguiram uma poupança em eletricidade de 5 968 kWh/ano, que supondo um custo de 0,15 €/kWh, são mais de 715 €/ano.

Outra ETAR que também implementou esta solução são, por exemplo:

- ETAR La Cartuja
- ETAR Dos Hermanas

2.9 SISTEMA DE GESTÃO DE MONITORIZAÇÃO ENERGÉTICA

2.9.1 Plataforma de monitorização e supervisão energética

2.9.1.1 Contexto

No mercado atual existe um grande gama de soluções que permitem monitorizar os consumos elétricos numa empresa/edifício/instalação.

Estas soluções são plataformas que permitem realizar a gestão, monitorização e o controlo de não só dos diferentes consumos como também da faturação.

Os sistemas de gestão de consumo permitem a gestão, monitorização e controlo dos consumos energéticos e da faturação. A estrutura principal destas plataformas é composta por: contadores, sistema de comunicação que pode ser por cabo ou sem fios, concentrador dos dados registados num servidor donde se trata e armazena toda a informação registada pelos contadores. A visualização da informação se pode realizar através de um PC, laptop, telemóvel, etc. que se pode conectar a um servidor por Ethernet, WiFi, GPRS/3G.

Entre outras características os sistemas de monitorização de consumos energéticos permitem:

- Monitorizar e visualizar online todos os dados de consumos energéticos em tempo real durante 24 horas e nos 365 dias do ano
- Monitorizar e controlar centralmente o consumo energético
- Obter dados históricos e perfis de carga da instalação
- Comparar faturas da instalação, principalmente elétricas
- Atribuir custos energéticos por zona, instalação, etc.
- Determinar custos por unidade de consumo
- Atuar sobre os componentes do consumo do edifício em tempo real
- Melhorar a sustentabilidade e reduzir as emissões de CO₂

2.9.1.2 Objetivo

A instalação de um sistema de monitorização energética para a análise dos fluxos energéticos e das condições de consumo na ETAR.

2.9.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos

2.9.1.4 Casos de aplicação

Os sistemas de monitorização não conduzem ao aumento da poupança energética de forma direta, mas fornecem informações muito valiosas para guiar o gestor da estação onde deve atuar. Geralmente a poupança energética obtida por estes sistemas se deve a melhoria da gestão de faturação, verificação de erros de faturação, deteção de excesso de reativa e de potência e adicionalmente detetar e avisar a variação do consumo relativamente aos valores normais.

2.9.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Consumo energético da instalação
- Principais circuitos consumidores
- Intensidades dos circuitos a analisar.

2.9.1.6 Poupança energética

A tipologia, gestão e o tamanho da instalação afeta de maneira direta nos desvios do consumo que podem ser detetados, de modo que as poupanças podem ser muito variáveis desde 3 a 15%.

2.9.1.7 Casos de referência

Espanha

A ETAR de Martorell implementou um sistema de controlo energético que envolveu a instalação de uma série de analisadores de redes localizados em pontos estratégicos, para recolher os valores elétricos necessários à instalação. Adicionalmente instalou centrais de diferenciais, um computador com o software SCADA de gestão e uma rede de comunicações de fibra ótica para recolher os dados e coordenar todas as operações. O sistema pressupôs uma poupança de 8,6%.

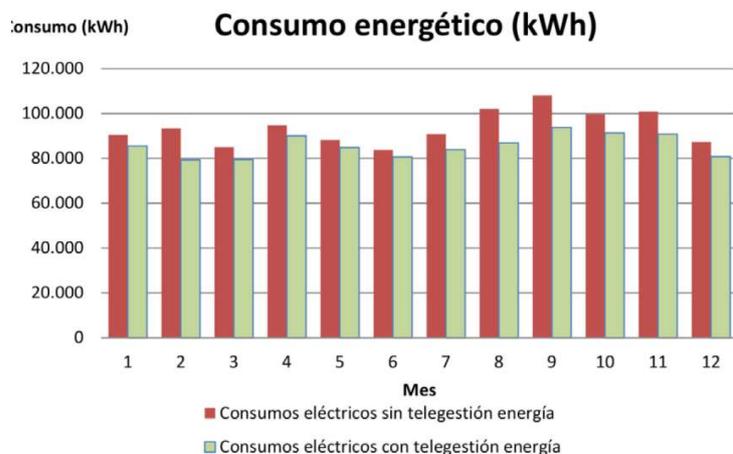


Figura 40: Consumos ETAR Martorell. Fonte: Circutor

Portugal

Na ETAR de Vila Real no final de 2012 foi instalado sistemas de monitorização de consumos de energia eléctrica na instalação, processo que permitiu ao operador identificar setores de maior consumo e intervir diretamente nesse âmbito. Em particular, o processo de arejamento, conjuntamente com a operação da infraestrutura, figurava como um dos focos com valores mais elevados de consumo. Assim, mediante o ajustamento do set-point de O₂ aliado com a monitorização energética, foi evitado um funcionamento adicional do sistema de arejamento, assegurando o sucesso do tratamento e reduzindo os valores de consumo específico de aproximadamente 5% (comparação do consumo específico entre 2012 e 2015).

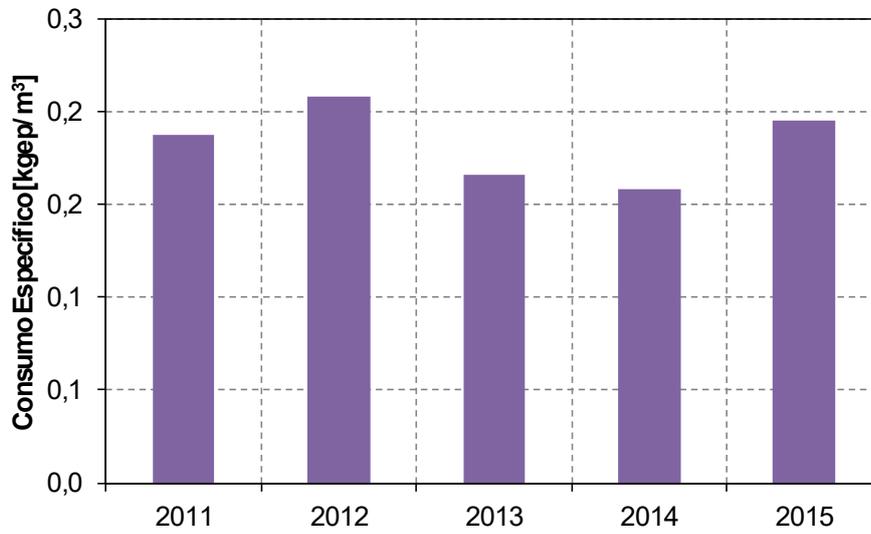


Figura 41: Consumos específicos 2011-2015 da ETAR Vila Real

Na ETAR de Sobreiras também possui monitorização energética nos principais processos consumidores de energia elétrica.

2.10 AJUSTE DA POTÊNCIA CONTRATADA

2.10.1 Ajuste da potência contratada

2.10.1.1 Contexto

O termo da potência tem um peso considerável na fatura elétrica, devido a este fato, é necessário adequar a potência contratada a que é realmente requerida pela instalação. Muitas ETAR têm contratada uma potência que não se ajusta as suas necessidades reais, e tanto por excesso ou por defeito de potência contratada, se pode estar a incorrer a custos ou penalizações desnecessárias. É importante comparar a potência contratada com o valor da potência no maxímetro, que indica a máxima potência registada do período correspondente durante o mês indicado, de modo que se detete se existe um potencial de poupança por adequação das potências contratadas ao perfil de consumo.

2.10.1.2 Objetivo

A avaliação da potência requerida real de uma ETAR e cálculo da potência ótima a contratar.

A realização dos processos de grande necessidade energética nos períodos horários de menor custo. Redução da energia utilizada na hora de ponta.

2.10.1.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos os Processos

2.10.1.4 Casos de aplicação

Todas aquelas ETAR em cujas as faturas se observem desvios positivos ou negativos entre a potência contratada e as leituras máximas de potência requerida realizada pelos maxímetros.

Sempre que a atividade produtiva o permita seria interessante que aquelas tarefas cujos consumos tenham um elevado peso sobre o total da instalação se se realizem nos períodos tarifários mais baratos.

Nas estações de águas residuais se podem aplicar desfasamento de cargas como a desidratação, o arejamento ou certas bombagens como a recirculação de lamas.

Esta medida deve ser analisada em maior profundidade do ponto vista operacional antes de se poder ser implementada.

2.10.1.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Potência contratada
- Leitura máxímetro
- Tarifa contratada
- Energia consumida
- Horas de funcionamento
- Tarifa do kWh segundo os períodos

2.10.1.6 Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, embora suponha uma poupança económica devido às diferentes tarifas do kWh

2.10.1.7 Casos de referência

Algumas ETAR que implementaram esta solução são, por exemplo:

- ETAR Empuriabrava
- ETAR Murcia
- ETAR Martorell

2.10.2 Deslocamento de carga para períodos tarifários mais económicos

2.10.2.1 Contexto

Os contratos relacionados com o fornecimento de eletricidade a que as ETAR estão normalmente afetas, não apresentam um preço constante do kWh durante o dia, mas este preço varia de acordo com o período do dia no qual se consome energia elétrica. Normalmente, as modalidades de contratos mais comuns pelas empresas deste sector, o dia é dividido em 3 períodos ou em 6 períodos. Os períodos mais baratos são aqueles que decorrem quando o consumo a nível geral é baixo e os períodos mais caros quando é mais alto. A diferença entre o preço do kWh entre o período mais barato e o período mais caro pode atingir uma quantidade considerável, nas ETAR analisadas se chega a alcançar preços no período noturno cerca de 50% mais barato que os preços no período de ponta.

2.10.2.2 Objetivo

Realizar os processos de grande necessidade energética nos períodos horários com um menor custo do kWh. Reduzir a energia utilizada no horário de ponta.

2.10.2.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos

2.10.2.4 Casos de aplicação

Sempre que a atividade produtiva o permita, seria interessante que aquelas tarefas cujo o consumo apresenta um peso importante sobre o total da instalação se realize nos períodos tarifários mais baratos.

Nas ETAR se podem considerar deslocar cargas como a desidratação, o arejamento ou certas bombagens como a recirculação de lamas.

2.10.2.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Energia consumida
- Horas de funcionamento
- Tarifa do kWh segundo o período

2.10.2.6 Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, no entanto supõe uma poupança económica devido à diferente tarificação do kWh.

2.10.2.7 Casos de referência

Espanha

Entre as ETAR que estão estudando esta reorganização de consumo se encontra a ETAR de Os Tilos e a ETAR Pontevedra.

Portugal

Na ETAR do Freixo o processo de desidratação e de espessamento de lamas se restringe aos dias de fim-de-semana e feriados (sexta, sábado e domingo) em que prevalecem os períodos de vazio e super vazio e nos dias uteis o funcionamento deste setor é apenas nos períodos noturnos onde se encontra os mesmos períodos de faturação.

Essa laboração intensiva deste sector nestes períodos tem como principal intuito a redução dos encargos com a energia.

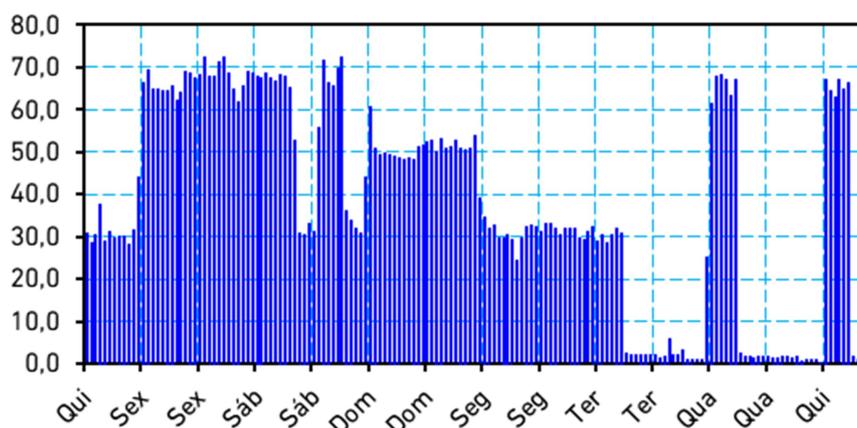


Figura 42 – Diagrama de carga semanal do setor de desidratação e espessamento de lamas

As mesas de espessamento e desidratação possuem controladores eletrónicos integrados pelo que se encontram otimizadas em termos energéticos.

2.10.3 Ajuste do fator de potência

2.10.3.1 Contexto

A energia reativa, que não produz trabalho físico direto nos equipamentos, é necessária para produzir o fluxo eletromagnético o qual coloca em funcionamento elementos tais como: motores, transformadores, lâmpadas fluorescentes, equipamentos de refrigeração e outros similares. Quando a quantidade destes equipamentos é apreciável, o requisito de potência reativa também é significativa, produzindo uma diminuição do fator de potência, ou seja, um atraso entra a onda de tensão e da intensidade.

Um fator de potência de 1 indica que se está aproveitando toda a energia consumida. As lâmpadas fluorescente têm um fator de 0.5 e um motor assíncrono a 100% da carga não ultrapassa os 0,85. O fato de existir um baixo fator de potência representa uma série de inconvenientes ao consumidor de energia:

- Aumento da intensidade da corrente
- Perdas nos condutores e fortes quedas de tensão
- Incrementos de potência das instalações e transformadores, redução de sua vida útil e da capacidade de condução dos condutores
- A temperatura dos cabos aumenta, diminuindo a vida útil dos seus isolamentos
- Aumento das faturas por consumo de eletricidade. A companhias elétricas cobram o consumo de energia reativa, mesmo que esta energia não esteja realmente utilizada.

Para evitar estes problemas, é necessário corrigir o consumo da reativa mediante condensadores. A bateria de condensadores é um equipamento de compensação automático que deve ser capaz de adequar as variações de potência da reativa da instalação para conseguir manter o $\cos\phi$ objetivo da instalação superior a 0,95.

2.10.3.2 Objetivo

A redução do consumo da energia reativa mediante a instalação de baterias de condensadores.

2.10.3.3 Processos e equipamentos afetados

A solução descrita é aplicável nos seguintes processos da ETAR:

- Todos processos que consumam eletricidade

2.10.3.4 Casos de aplicação

A compensação da energia reativa deve-se realizar naquelas instalações com fatores de potência inferiores a 0,95 (indutivo).

2.10.3.5 Dados principais necessários para avaliação da medida

Os dados que devem considerar para fazer a avaliação da medida são:

- Energia ativa consumida
- Energia reativa consumida

A forma mais simples de comprovar este consumo de reativa é a partir das faturas de consumo emitidas pela empresa comercializadora.

2.10.3.6 Poupança energética

A medida não supõe nenhuma variação na energia ativa consumida, no entanto representará uma poupança económica devido à redução das penalizações derivadas do consumo da reativa

2.10.3.7 Casos de referência

Espanha

Entre as ETAR que implementaram esta solução estão:

- ETAR Martorrel
- ETAR Ceuta

Portugal

A ETAR do Freixo para compensação da energia elétrica reativa consumida, possui sistemas de compensação automática adstritos aos quadros gerais de baixa tensão, instalados em armários próprios e comandados por relés varimétricos. Tal como se observa na figura seguinte ocorre uma compensação eficaz nos períodos de fora de vazio, tendo o valor do fator de potência o valor de 1 ao longo do ano.

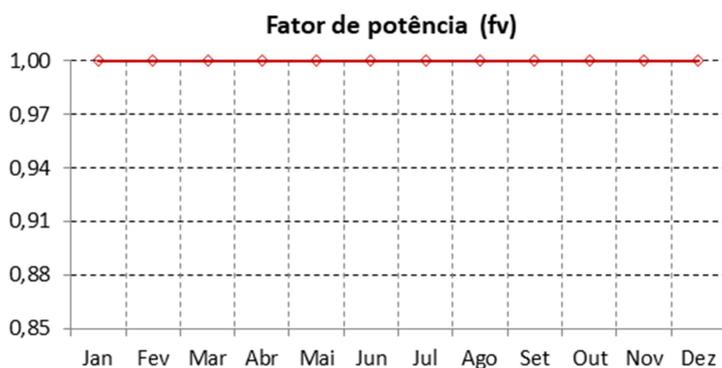


Figura 43 –Evolução mensal do fator de potência médio (fora de vazio/2014)

A ETAR de Sobreiras também o mesmo sistema de compensação de energia reativa, no entanto os valores de fator de potência variam entre os 0,95 a 1 ao longo do ano.

3 SOLUÇÕES INOVADORAS APLICADAS NA ATUALIDADE

Como parte do Guia de Soluções Tecnológicas para a Eficiência das ETAR se incluiu uma pequena secção relativa a apresentar soluções inovadoras e novas tecnologias emergentes que estão sendo investigadas, em desenvolvimento e muitos casos aplicadas em experiências piloto no âmbito das estações de tratamentos de água residuais.

Não é o objetivo do Guia aprofundar os aspetos técnicos de cada solução inovadora implementada, mas sim a realização de uma descrição básica das novas soluções que estão a ser investigadas e postas em pratica, facilitar documentação de referência que se possa consultar em caso de se necessitar de um grau de profundidade maior para a solução analisada.

As soluções contempladas são focadas na aplicação de novas soluções nos processos de tratamento das ETAR que incidem positivamente na eficiência do processo de tratamento e como consequência numa redução no custo global energético do processo.

3.1 MAXIMIZAÇÃO DA CAPTIURA DE SÓLIDOS E MATÉRIA ORGÂNICA NA DECANTAÇÃO PRIMÁRIA

Do ponto de vista estrito do aproveitamento da energia contida nas águas residuais, as investigações em curso tendem a privilegiar os tratamentos primários com desvio do máximo de carga orgânica para a digestão anaeróbia segundo WERF. As vantagens apontadas para estas soluções são, para além de uma maior produção de gás na digestão anaeróbia, a economia de energia nos processos de arejamento a jusante.

O “Roadmap” da WERF prevê mesmo o investimento em processos avançados de decantação primária, com recurso a assistência com processo físico-químico e a aceleração com balastos.

Estão a ser instaladas e desenvolvidas tecnologias de decantação acelerada, lamelar, com utilização de reagentes e recirculação de lamas ou de areia micrométrica. Trata-se de um processo cujas eficiências se aproximam das de um tratamento secundário convencional (desde que verificadas determinadas condições) e que, pelas elevadas velocidades de decantação permitidas (economias de espaços de implantação) e pela rapidez e facilidade de arranque e estabilização do processo, estão a ganhar relevância no tratamento de caudais excedentários em sistemas com elevada contribuição pluvial.

3.2 TRATAMENTOS BIOLÓGICOS INOVADORES

3.2.1 Tratamento anaeróbio UASB

Os reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) têm vindo a ser adotados no tratamento de águas residuais urbanas, sobretudo em zonas de climas quentes, devido aos baixos custos de investimento e exploração. Começaram a ser desenvolvidos nos anos setenta do século passado com aplicação no tratamento de águas residuais industriais, muito concentradas, inicialmente na indústria do açúcar, revelando vantagens em termos de baixa produção de lamas, de reduzido espaço de implantação, de baixo consumo energético e do seu potencial de produção de biogás. Estas vantagens têm vindo a incentivar investigações no sentido da aplicação desta tecnologia a águas residuais urbanas em países tropicais como o Brasil, a Colômbia e a Índia.

Embora esta tecnologia não consiga, por si só, obter um efluente de qualidade conforme com as exigências correntes de qualidade das descargas, ela permite eliminar parte significativa da carga orgânica com custos inferiores aos das soluções convencionais, podendo ser complementada com tratamentos de afinação.

As limitações atuais desta tecnologia, as quais justificam a investigação em desenvolvimento, prendem-se com as dificuldades da sua combinação com a remoção de nutrientes e com a quantificação e tratamento das emissões de GEE que se lhe associam. Esta tecnologia potencia também a formação de sulfureto de hidrogénio, com impactos ao nível da segurança do pessoal e das instalações, da corrosão das estruturas e da libertação de odores para os quais se requerem medidas de mitigação.

3.2.2 Tratamento dos licores sobrenadantes e dos filtrados do tratamento lamas

A concentração de amónia nos digestores tem duas origens essenciais, a amónia presente nas lamas que entram no digestor e a que resulta da conversão dos sólidos voláteis durante a digestão. A concentração de amónia sobe até se atingir o equilíbrio com a alcalinidade, numa relação, obtida empiricamente, de 3,3 de CaCO₃ para 1 de amónia.

As lamas pré-tratadas com hidrólise térmica entram nos digestores com concentrações de sólidos rondando os 11%, bastante mais elevadas do que as lamas espessadas não sujeitas a pré-tratamento (que entram na digestão com uma concentração rondando 4 a 6%).

Esta maior concentração, combinada com a maior destruição de voláteis, faz com que a digestão de lamas pré-tratadas com hidrólise térmica tenha um potencial de produção de amónia muito superior, relativamente à solução convencional e, assim, a concentração de amónia no “licor” seja bastante superior. Contudo, como os volumes de “licores” gerados são inferiores, a carga total de amónia é semelhante à produzida na digestão de lamas não sujeitas àquele pré-tratamento (Jolly et al., 2009).

O tratamento destes “licores” e filtrados, com oxidação da amónia em condições energeticamente muito favoráveis, antes do seu retorno à entrada da ETAR, permite economias significativas na energia de arejamento dos reatores biológicos.

Este tratamento tem sido efetuado com base na utilização de processos biológicos de baixo consumo energético. Estes processos utilizam a bactéria ANAMOX, a qual oxida a amónia diretamente a azoto gasoso, usando o nitrito como recetor de eletrões, sem necessidade do substrato de carbono requerido pelos processos convencionais de desnitrificação. A aplicação deste tratamento debate-se ainda com dificuldades associadas ao crescimento da bactéria NAMOX, que é lento, obrigando a reatores de grande dimensão.

Investigações recentes sugerem a possibilidade de a bactéria ANAMOX poder agregar-se em flocos mais pesados, permitindo a sua separação das lamas e evitando a sua retirada do processo nas lamas em excesso e, assim, viabilizando soluções para a acumulação destes microrganismos nos reatores. Esta possibilidade poderá vir a permitir a utilização desta bactéria nos processos biológicos de remoção de nutrientes, o que se traduzirá, naturalmente, em elevadas economias de energia.

3.3 TRATAMENTOS DE LAMAS PRÉVIOS À DIGESTÃO ANAERÓBIA

A eficiência da digestão anaeróbia, quer em termos da redução de sólidos voláteis, quer em termos da produção de biogás, pode ser melhorada através da implementação de pré-tratamentos nas lamas a digerir. A desidratibilidade das lamas digeridas melhora também significativamente, devido à redução da sua viscosidade, baixando o consumo de energia e de reagentes na desidratação e melhorando a concentração das lamas desidratadas (menores emissões de GEE no transporte a deposição final).

Estes pré-tratamentos, que provocam a quebra das moléculas e a solubilização da matéria, podem ser aplicados usando as tecnologias indicadas na Tabela 1, onde se indica também o número de instalações existentes à escala real em 2009, o ano da realização dos primeiros ensaios, o ano da primeira instalação à escala real, a redução de sólidos voláteis alcançável e o consumo específico de energia elétrica.

Tabela 16. Tratamentos de lamas prévios à digestão anaeróbia

Processo	Primeiros ensaios	Primeira instalação	Nº instalações	Red. Sólid Vólaveis [%]	Cons. Energ Eletrica [kWh/tMS]
Hidrólise térmica	1990	1996	24	60	310
Hidrólise Enzimática	Anos 90	2002	11	52	304
Hidrólise ultrassons	Anos 90	2000	>10	56	675
Hidrólise imp. electr	2000	2007	1	56	407
Microlamas	2000	2004	3	59	555
Rotura celular	2004		0	52	204

A hidrólise térmica, para além das vantagens acima indicadas, propicia ainda a obtenção de biossólidos estabilizados, com características compatíveis com a sua valorização agrícola (biossólidos da classe A), o que se traduz numa grande vantagem. A hidrólise enzimática, que opera a temperaturas da ordem dos 42°C não dará essas garantias. Os tratamentos por ultrassons e por pressão precedida de enfraquecimento das paredes celulares (microlamas) só se aplicam, normalmente, a lamas biológicas.

Os tratamentos térmicos têm a vantagem de poderem utilizar calor produzido em cogeração, o que poderá ser importante se a produção de biogás na instalação for suficiente, ou se for economicamente viável o seu reforço com a utilização de gás natural.

3.4 HIDROLISE TÉRMICA DAS LAMAS

Até ao final dos anos setenta do século passado, a aplicação de tratamentos térmicos às lamas visava a melhoria das suas condições de desidratabilidade e o alcance de melhores siccidades das lamas desidratadas. Mais tarde começaram a ser investigadas as melhorias de digestibilidade proporcionadas pelos tratamentos térmicos, apontando-se a temperatura de 170°C como a ideal para estes tratamentos. A partir dos anos oitenta, estes tratamentos térmicos começaram a ser abordados com um terceiro objetivo, o da pasteurização das lamas.

As principais vantagens detetadas na investigação dos tratamentos térmicos prévios à digestão anaeróbia de lamas são, fundamentalmente, as seguintes:

- Melhoria da biodegradabilidade das lamas, com redução das necessidades de energia para aquecimento dos digestores e aumento da produção de biogás;
- Redução dos impactos do retorno dos “licores” da digestão no processo biológico do tratamento da fase líquida;
- Redução dos compostos odoríferos formados durante os tratamentos prévios à digestão.

Na sequência destas investigações foram patenteadas algumas tecnologias de tratamentos térmicos de lamas (por exemplo Biothelys e Camby), baseadas na elevação da temperatura e pressão das lamas, durante um determinado intervalo de tempo. A hidrólise térmica aumenta, para mais do dobro, a fração rapidamente biodegradável dos sólidos voláteis presentes nos biossólidos, aumentando em 30 a 60% a produção de biogás.

3.5 TRATAMENTOS ELÉTRICOS

Os tratamentos por pulsación de campos eléctricos que están a ser investigados e desenvolvidos promoven a solubilización das lamas, antes da súa dixestión, e têm como principal objetivo o aumento da razón CQO solúvel/CQO total e da concentración de polímeros extracelulares (aumentos da orde de 4,5 a 6 veces), através da rotura celular induzida pelos impulsos das descargas eléctricas. Estes tratamentos atacan directamente as membranas celulares.

Segundo algúns investigadores son referenciados os resultados de un estudo de aplicación destes tratamentos a unha mestura de lamas primarias con lamas biológicas, utilizando resultados laboratoriais de aplicacións sobre instalacións piloto e sobre instalacións à escala real. O tratamento potenciou a solubilización da CQO e outros componentes das lamas, tendo-se revelado eficiente, quer nas instalacións piloto, quer nas instalacións à escala real. Os principais beneficios evidenciados foron unha maior degradación da materia orgánica, unha maior produción de biogás e unha menor produción de lamas digeridas a conducir a destino final.

3.6 PARÂMETROS DE CONTROLO DE PROCESSO DE AREJAMENTO DOS REATORES AERÓBIOS

Estão a ser desenvolvidas tecnologias e ferramentas inovadoras no controlo do arejamento de reatores aeróbios que não se limitam ao controlo automático dos equipamentos de arejamento em função das concentrações de oxigénio dissolvido, salientando-se as seguintes:

- a) a respirometria;
- b) a determinação do ponto crítico da concentração de oxigénio nos reatores biológicos, através dos resultados de análises de respirometria;
- c) o balanço de oxigénio nos tanques de arejamento.

A respirometria tem ainda as seguintes limitações, condicionantes da sua utilização como base para um controlo em linha de sistemas de arejamento:

- Fiabilidade dos resultados analíticos da respirometria;
- Difícil manutenção do equipamento de amostragem em linha;
- Eventual falta de representatividade das amostras colhidas em linha.

O ponto crítico de oxigénio é a concentração mínima de oxigénio capaz de criar o gradiente (entre o exterior e o interior da parede celular) necessário para a passagem de oxigénio necessário à respiração dos microrganismos. Este parâmetro, avaliado em ensaios de respirometria, permite determinar o “setpoint” ótimo da concentração de oxigénio dissolvido, uma vez que abaixo do ponto crítico a respiração é perturbada, enquanto que acima deste ponto não se verifica um aumento da taxa de degradação com o aumento da concentração de oxigénio dissolvido. Regulando o sistema de controlo para este “setpoint” atingir-se-á a máxima eficiência energética.

O balanço de oxigénio em torno dos reatores considera o oxigénio entrado no reator e o oxigénio que sai do reator, libertado através da superfície livre. Esta metodologia foi utilizada inicialmente para avaliar a eficiência de sistemas de arejamento, estando recentemente a ser objeto de atenção como processo de controlo. Uma forma de controlo que pode também apresentar vantagens em termos da minimização do consumo em processos de arejamento é o controlo automático da idade de lamas, permitindo a sua minimização em valores compatíveis com os objetivos do tratamento.

Ao nível do controlo de compressores de arejamento, verifica-se atualmente uma evolução do sistema tradicional de controlo, baseado na pressão (os compressores arrancavam ou aceleravam quando a pressão descia abaixo de determinado valor, por via do consumo de ar no arejamento, controlado por válvulas em função da concentração de oxigénio dissolvido), para um novo sistema em que o funcionamento dos compressores é controlado diretamente pelo caudal de ar que está a ser solicitado. Este sistema de controlo apresenta as seguintes vantagens:

- Elimina as oscilações cíclicas nos compressores e nos reatores associadas à variação da pressão;
- Minimiza as perdas de carga associadas às válvulas, uma vez que nas zonas de maior consumo de ar, as válvulas estarão totalmente abertas

3.7 CONTROLO DE PROCEDIMENTOS DE AREJAMENTO POR PARÂMETROS DE AMONÍACO, NITRATO E NITRITO

As bacterias responsáveis pelos procesos de remoção de azoto apresentam uma elevada diversidade, sendo que a maior parte suporta bem concentrações de oxigénio dissolvido próximos de zero, podendo desenvolver-se e conviver em condições de alternância de aerobiose com anoxia, proporcionando uma otimização do metabolismo global dos microrganismos presentes nos reatores, com um mínimo de energia de arejamento. Para esta otimização, o controlo automático tradicional em função da concentração de oxigénio dissolvido não é suficiente para se atingir a máxima eficiência e para tirar partido das zonas de transição aerobiose/anoxia. Estão em desenvolvimento sistemas de controlo que utilizam medições de outros parâmetros como a amónia, o nitrato e o nitrito (processos patenteados Symbio & Bioprocess Intelligent Optimization - BIOS).

3.8 AGITAÇÃO DOS REATORES BIOLÓGICOS ANAERÓBIOS E ANÓXICOS

Estão em desenvolvimento duas tecnologias emergentes no domínio da agitação/mistura de reatores biológicos anaeróbios e de reatores anóxicos:

- Misturadores de perfil hiperbólico;
- Mistura por ar pulsado de bolha grossa.

O primeiro, que conta já com alguns casos de aplicação na Europa, na Alemanha, na Holanda e na Bélgica, estando, à data de 2010, em aplicação em duas ETAR nos Estados Unidos da América, permite economias significativas de energia, comparativamente com os agitadores submersíveis convencionais.

A agitação por ar difuso de bolha grossa é uma tecnologia patenteada e assenta na utilização de difusores concebidos para originarem a libertação intermitente, junto ao fundo dos reatores, de grandes bolhas de ar comprimido que, por efeito da ascensão, promovem a agitação da biomassa, sem transferência de oxigénio do ar, podendo por isso ser aplicado em reatores anaeróbios e anóxicos.

3.9 SOLUÇÕES DESCENTRALIZADAS

A Environmental Protection Agency (U.S. EPA) vem administrando um projeto de investigação, intitulado National Decentralized Water Resources Capacity Development Project (NDWRCDP), desenvolvido pela Water Environment Research Foundation (WERF) e pela Decentralized Water Resources Collaborative (DWRC), visando o desenvolvimento de investigação no âmbito dos sistemas descentralizados de águas residuais e de drenagem pluvial. Dadas as fortes inter-relações entre a água e a eletricidade, o projeto envolve também a cooperação da Electric Power Research Institute (EPRI).

De acordo com a definição apresentada no site do projeto referido no parágrafo anterior, sistemas descentralizados de tratamento são sistemas de tratamento, geralmente de menor dimensão do que os convencionais, servindo habitações individuais ou conjuntos de habitações, indústrias ou entidades institucionais, aplicados perto do local de geração das águas residuais. Nos Estados Unidos, zonas rurais e zonas de subúrbio de cidades estão a adotar cada vez mais este tipo de solução para atender às necessidades de drenagem e tratamento de águas residuais, urbanas e pluviais. São referenciados, naquele site, 20 casos de aplicação de soluções descentralizadas, localizados nos Estados Unidos e na Austrália, concluindo-se que estas soluções são viáveis e sustentáveis e que podem ser usadas em conjunto com as soluções centralizadas visando uma otimização processual e energética global.

O conceito de sistema descentralizado integra os seguintes princípios de conceção:

- Separação na origem de águas negras (fezes e urinas) e de águas cinzentas, além da separação de águas pluviais;
- Recuperação de nutrientes na origem, principalmente a partir do tratamento das águas negras;
- Reutilização das águas residuais tratadas na agricultura urbana ou em outras utilizações compatíveis.

Existem casos de aplicação deste tipo de conceção de drenagem urbana na reconstrução de velhas cidades e na construção de novas cidades na Suécia e na Holanda.

Neste conceito, o tratamento de águas negras é efetuado por processos anaeróbios, como fossas sépticas, ou através de processos inovadores como:

- A remoção de CQO e a recuperação de metano em reatores UASB;
- A precipitação do fósforo na forma de cristais de estruvita, utilizando magnésio como agente precipitante;
- A conversão de amónia a azoto gasoso (utilizando o nitrito como recetor de eletrões) através de processos inovadores de baixo consumo de oxigénio e sem necessidade de fonte externa de carbono (CANON, ANAMOX, OLAND).

As águas cinzentas são tratadas em sistemas compactos de UASB/SBR ou por lamas ativadas. Estas tecnologias têm sido aplicadas, por exemplo, em pequenas áreas residenciais em Sneek, no norte da Holanda.

Um novo conceito de drenagem urbana que aproveita as vantagens dos sistemas centralizados e as dos sistemas descentralizados, contempla o tratamento das águas negras de forma centralizada e o tratamento e reutilização local das águas cinzentas, de forma descentralizada.

De acordo com alguma da bibliografia da especialidade, esta conceção híbrida permitirá reduções significativas no consumo de água e de energia.

4 FONTES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abadía Sánchez, R; Rocamora Osorio, MC; Ruiz Canales, A. (2008). Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- González González, M.G; Elias, X. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos.
- Rosso D.; Stenstrom MK.; Larson LE. (2.008). Aeration of large-scale municipal wastewater treatment plants: state of the art.
- Åmand, L.; Olsson, G.; Carlsson, B. (2013). Aeration control - a review. *Water Science & Technology*, núm. 67(11), págs. 2.374-2.398.
- Bolinches Sánchez, S. (2017). Eficiencia energética, optimización de digestión anaerobia y revalorización de biogás en los procesos de depuración de aguas residuales
- Fernández González, J.; Gutiérrez Martín, F.; de Río González, P.; San Miguel Alfaro, G.; Bahillo Ruíz, J.M.; Ballesteros Perdices, M; Vázquez Minguela, J.A.; Rodríguez Antón, L.M.; Aracilmira, J. (2015) Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética
- VV.AA. (2012) Guía Técnica de Selección de Equipos de transporte de fluidos. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Morenilla Martínez, J.J.; Bernacer Bonora, I; Santos Asensi, J.M.; Ignacio, Muñoz Robledillo; J. ; Funcionamiento del túnel de secado térmico de fangos de la EDAR de Ibi (Alicante)
- Elías, X. Secado y aprovechamiento energético de fangos de EDAR (2013) *Tecnoaqua nº1 pp34-44*
- Beltrán Calaff S.; Lizarralde Aguirrezabal I.; Ayesa Iturrate E.; Gorriti Cabrejas J. ; Ortega Conde F.; de la Sota A.; Villanueva del Casal J.M. (2014) Estimación del potencial de ahorro en los sistemas de aireación de las EDAR mediante la medición de la transferencia de oxígeno. *Tecnoaqua nº9 pp64-72*
- Albadalejo Ruiz A.; Martínez Muro J.L.; Santos Asensi J.M.; (2.015) Parametrización del consumo energético en las depuradoras de aguas residuales urbanas de la Comunidad Valenciana. *Tecnoaqua nº11 pp55-60*
- Simón Andreu P.; Lardín Mifsut C.; del Cacho Sanz C.; García Yuste M.; (2.015) Transferencia de oxígeno: evaluación rápida de la eficiencia de los sistemas de aireación. *Tecnoaqua nº15 pp92-101*
- Simón Andreu P.; Lardín Mifsut C.; Abellán Soler C. (2012) Optimización energética en EDAR de la Región de Murcia. *Ingeniería Civil nº168 pp93-112*
- Simón, P; Lardín, C; Abellán, M; Ponsoda, J.M. (2009). Limpieza con ácido fórmico de los difusores de membrana para la aireación de un proceso de fangos activos. *Tecnología del Agua, nº 311, pp. 2-9.*

- González González, M.G. ; Melián Navarro, A.; Molina-Martínez, V; Ruiz-Canales, A.; (2016) Medidas de ahorro y eficiencia energética de carácter innovador en estaciones depuradoras de aguas residuales. II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola (Almería, 10-12 de febrero de 2016)
- ABS. Manual de aireación ABS-Nopol.
- Grupo investigación Calagua. Control de los sistemas de aireación en EDAR
- Ferrer Torregrosa, C.; Olivas Masip, E.; Chiva Mengod, B.; Cabedo Oliver J.M.; García Ventoso, M.; Basiero Sichert, J.A.; Análisis energético de los procesos de una EDAR
- Simón Andréu P.; Lardín Mifsut C.; Vicente Sánchez Betrán, A.; González Herrero, R.; Morales Gómez, J.; Gambín Manzano, J.M.; Gaitx Altisen, M. (2016) Estudio comparativo de la transferencia de oxígeno en distintos sistemas de aireación en EDAR de la Región de Murcia. *Tecnoaqua nº21 pp58-62*
- Castell, D.; García Ventoso, M.; Tormos Fibla, I.; Ferrer, C.; Morenilla; J.J.; Bernacer, I.; Basiero, A. (2012) Optimización energética del sistema de aireación de una EDAR. Análisis comparativo de dos tecnologías. *Tecnología del agua nº327 pp 2-8*
- Morenilla, J.J. (2007). Sistemas de control y optimización del consumo energético en EDAR. En: XXV Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras. Tomo III, pág. 34. Cedex, Madrid.
- Aguiló Martos, P.; Freixó Rey, A.; Estany Barrera; R. (2012) Codigestión en EDARs urbanas. Experiencias y suficiencia energética del proceso de tratamiento de lodos. *Ingeniería Civil nº168 pp113-119*
- Simón Andreu, P.J.; (2011) Ponencia: Digestión y aprovechamiento de biogás en EDAR de la región de Murcia. ESAMUR
- III Jornadas Técnicas de Gestión de Sistemas de Saneamiento de Aguas Residuales. Tratamiento y valorización de lodos. Experiencias con el secado solar de lodos de depuración en Canarias. Aplicación a la EDAR de Antigua, isla de Fuerteventura (Barcelona, 18 de octubre 2007)
- Muñoz Luque, P.; (2017) Ampliación y remodelación de la depuradora de Estepona. *Revista Técnica del Medio Ambiente nº202 pp66-74*
- EPA: (2010) Evaluation of Energy Conservation Measures for Wastewater Treatment Facilities
- www.circutor.es
- www.xylemwatersolutions.com

- www.schneider-electric.com
- www.aguas-residuales.es
- www.life-renewat.com
- www.life-siamec.eu
- www.lifecelsius.com
- www.ecodena.com
- www.acosol.es