

## **2º ENCONTRO TÉCNICO – PONTA DELGADA**

26 de Maio de 1999

### **O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS E A REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE FINAL**

**João de Quinhones Levy (\*)**

#### **1 – PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS INDUSTRIAIS**

Existem múltiplos processos de tratamento de águas residuais industriais. A sua diversidade leva o industrial a hesitar quanto ao tratamento a adoptar.

Salvo processos que desde logo são postos de parte por serem tecnicamente inadequados, pode afirmar-se que todos são possíveis, embora uns sejam mais adequados que outros em função do efluente e do meio receptor.

As suas diferenças traduzem-se, essencialmente, pelo seus custos de construção, de operação e manutenção, pela maior ou menor facilidade de exploração e pela sua eficiência (Levy, 1994).

Basicamente, segundo os processos que envolvem, os sistemas de tratamento distinguem-se em:

- Físicos e químicos;
- Biológicos;
- Físicos e químicos + biológicos.

---

\* Professor no IST  
Presidente do Conselho de Gerência da ECOSERVIÇOS

Os processos físicos e químicos incluem, por sua vez, grande número de operações, como sejam, entre outras:

- Neutralização;
- Injecção de reagentes;
- Coagulação;
- Floculação;
- Flotação;
- Decantação;
- Filtração;
- Desinfecção.

Também para o tratamento biológico existe uma grande diversidade, podendo ser efectuado por um dos seguintes processos:

- Lagunagem;
- Leitos percoladores;
- Lamas activadas;
- Biodiscos;
- Biofiltros.

Um sistema misto constituído por processos físicos, químicos e biológicos reúne todas as operações de tratamento atrás referidas.

## **2 - DISTINÇÃO ENTRE SISTEMAS**

Os processos de tratamento distinguem-se entre si pelas seguintes características:

- Aplicabilidade;
- Custo de primeiro estabelecimento;
- Custo de exploração;
- Eficiência.

#### **a) Aplicabilidade**

Face as características das águas residuais industriais a tratar, deverão ser seleccionados o processo e as operações que asseguram melhores resultados.

#### **b) Custo de primeiro estabelecimento**

Para além do custo das empreitadas de construção civil, de fornecimento e montagem de equipamentos e de instalações eléctricas, inclui o custo de todo o processo conducente à construção da estação, nomeadamente, análises laboratoriais, estudos e projectos.

#### **c) Custo de exploração**

Considera o custo das acções de operação e manutenção da estação, incluindo energia, reagentes, consumíveis e reparações.

#### **d) Eficiência**

É traduzida pelo quociente entre a carga de poluição removida e a carga afluyente.

### **3 - AVALIAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE TRATAMENTO**

As alternativas de tratamento devem ser avaliadas em termos técnicos, económicos e ambientais.

A avaliação técnica toma em conta, essencialmente, os critérios aplicabilidade e eficiência. O primeiro, no que respeita à escolha do processo e das operações, e na sua adequação as características do afluyente. O segundo, para além da capacidade de depuração, considera o risco e a fiabilidade do sistema, LEVY (1993a). Isto é, qual o nível de segurança com que o sistema de tratamento assegura o grau de tratamento pretendido.

Os tratamentos baseados em processos biológicos destinam-se a esgotos essencialmente biodegradáveis como, por exemplo, efluentes de matadouros, suiniculturas e unidades de lacticínios.

Os tratamentos baseados em processos físicos e químicos aplicam-se, essencialmente, a afluentes não biodegradáveis, ou que apresentem uma carência química de oxigénio muito elevada ou uma toxicidade acentuada, como fábricas de detergentes e de tratamento de superfícies.

Estes dois processos não são exclusivos, podendo-se utilizar em conjunto. Salvo o caso de esgotos cujas características impeçam o seu tratamento biológico, a escolha entre um ou outro sistema deve basear-se em critérios económicos e de eficácia.

Regra geral, um processo biológico tem um custo de construção mais elevado que um processo físico e químico mas, em contrapartida, apresenta um custo de exploração mais baixo.

Em termos de eficácia, verifica-se que um sistema físico e químico apresenta um funcionamento mais regular após ajustamento dos agentes de floculação a utilizar.

A escolha entre um ou outro terá de ser ponderada em função do meio receptor, se é ou não passível de sofrer de tempos a tempos, descargas com características anómalas, e em função dos custos. Relativamente a estes, salienta-se a necessidade de quantificar correctamente o custo dos consumíveis e, especialmente, dos adjuvantes de coagulação e floculação, pois têm um peso significativo.

Quanto aos processos biológicos, também para estes nenhum sistema é melhor que outro, mas para cada situação haverá um mais adequado que outro.

Pretendendo-se um sistema de elevada eficiência, flexível, ocupando uma área reduzida, será lógico escolher um sistema baseado no processo de lamas activadas. Pelo contrário, caso se pretenda um sistema de fácil exploração, com uma regularidade que pode, por vezes, ser posta em causa, e se houver área disponível, já o sistema de lagunagem poderá ser o mais adequado. Mesmo dentro de cada processo existem

alternativas. Por exemplo, ao nível dos arejamentos, da utilização de microrganismos liofilizados, da junção de floculantes ao líquido a sedimentar, entre outros.

Do que ficou dito, deve o industrial pensar que não existem tratamentos milagrosos. Tratamentos com custo de construção baixo, associado a um custo de exploração reduzido devem ser postos em causa pois, salvo o caso da lagunagem natural, aqueles custos variam inversamente.

Dada esta relação, a avaliação económica deverá tomar em conta os custos de primeiro estabelecimento e de exploração.

Habitualmente, esta avaliação é feita a preços constantes, em termos do valor actualizado líquido (VAL).

A maior dificuldade na sua aplicação reside no valor da taxa de actualização a tomar e no próprio custo anual de exploração, que muitas vezes não é devidamente avaliado.

Atendendo a que em termos de gestão pode ser importante a forma como se distribuem os custos ao longo do tempo, é aconselhável uma análise multicritério que atribua pesos distintos a cada um dos custos, fazendo-se a selecção entre alternativas, não pelo valor do VAL, mas pelo valor da utilidade associada à decisão que é igual a:

$$U_i = p (-C_p) + (1-p) (-C_e)$$

em que:

$U_i$  - utilidade associada a decisão  $i$

$p$  - peso atribuído ao custo de primeiro estabelecimento

$$(0 \leq p \leq 1)$$

$C_p$  - custo de primeiro estabelecimento

$C_e$  - custo de exploração ao longo da vida útil da estação

Quanto à avaliação ambiental, esta é efectuada por meio de um estudo de impacte ambiental. Este estudo ao identificar os processos que minimizam os impactes

negativos, apoia o decisor na selecção do processo a adoptar para o tratamento das águas residuais.

#### **4 - CUSTO DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

O custo de operação e manutenção de uma ETAR é igual ao somatório dos custos associados às seguintes parcelas:

- a) Energia;
- b) Consumíveis;
- c) Pessoal;
- d) Outras rúbricas.

A relação entre cada uma destas parcelas e o custo global depende do sistema de tratamento. A título de exemplo, apresenta-se no Quadro I esta relação para os tratamentos biológicos, LEVY (1993b).

%	LAG	LPBC	LPAC	LAAP	LAMC
PESSOAL	40	35	30	22	31
ENERGIA	0	0	25	44	41
CONSUMÍVEIS	2	20	12	9	13
DIVERSOS	58	45	33	25	25
TOTAL	100	100	100	100	100
LPBC - Leitos Percoladores de Baixa Carga					
LPAC - Leitos Percoladores de Alta Carga					
LAAP - Lamas Activadas em Arejamento Prolongado					
LAAC - Lamas Activadas em Media Carga					

Quadro I - Percentagem de cada rúbrica por sistema

Como valor aproximado do custo anual de exploração (operação e manutenção) deve tomar-se 8% do investimento inicial.

Esta percentagem aumentará no caso da utilização exaustiva de processos químicos, até cerca de 15%, e diminuirá com o recurso a processos biológicos até cerca de 5%, caso da lagunagem.

## **5 - NÍVEL DE TRATAMENTO DAS ETARI**

A definição da capacidade e eficiência de tratamento de uma estação de águas residuais industriais (ETARI) deve ser estabelecida com base em dois princípios: o do tratamento na fonte e o do tratamento integrado ao nível da bacia hidrográfica.

### **a) Tratamento na fonte**

Para definição da capacidade de tratamento de uma estação deve ser definida à partida uma de duas alternativas:

Alternativa A - Não altera o processo produtivo e dimensiona o sistema de tratamento para os caudais e cargas afluentes;

Alternativa B - Altera o processo produtivo por forma a minimizar caudais e cargas e, assim, reduzir o custo do sistema de tratamento.

A selecção entre uma ou outra alternativa terá de basear-se numa análise multicritério. À data, apenas entram em jogo nesta avaliação os custos de construção, de exploração e de alteração dos processos produtivos. Por este facto, a solução mais vantajosa consiste, quase sempre, na não alteração dos processos produtivos e na construção da estação com capacidade para os caudais e cargas totais.

Caso o Princípio do Utilizador - Poluidor - Pagador passe a ser aplicado, haverá uma alteração dos critérios de análise pois que há que acrescentar novos custos ao sistema que penalizam soluções que envolvem eficiências de tratamento baixas, descargas elevadas de caudais e volumes significativos de lamas e outros resíduos.

A análise económica terá de passar a considerar estes custos donde, contrariamente ao que se verifica hoje em dia, a alteração dos processos produzidos para reduzir as

descargas e a poluição, “tratamento na fonte” tenderá a tornar-se economicamente mais vantajosa.

O tratamento na fonte procura reduzir a quantidade de poluição a tratar investindo no processo fabril, em detrimento do investimento na estação depuradora.

Esta redução de poluição na fonte, que se traduz pela adopção de processos industriais menos poluentes, tecnologias limpas, terá de basear-se numa fundamentada análise que aborde simultaneamente aspectos técnicos, económicos e ambientais.

Os aspectos técnicos considerarão as alterações a introduzir no processo fabril e no sistema de tratamento. Serão balizados pela necessidade de manter inalterável a qualidade do produto industrial.

Os aspectos económicos terão de avaliar os custos de primeiro estabelecimento relativos à alteração dos processos industriais e à estação de tratamento, os custos de exploração, e os benefícios que eventualmente resultarão de uma redução nas tarifas de descarga e no valor de coimas eventuais.

O valor total dos investimentos ao nível do sistema de despoluição resultará da soma dos investimentos que são feitos directamente nas linhas de produção para reduzir caudais e cargas, com a parcela correspondente ao custo da estação de tratamento.

Do ponto de vista ambiental, a redução na fonte é sempre preferível a uma ETARI de maior dimensões porque dela resultarão produtos que terão de ser encaminhados a aterro sanitário ou, mesmo, a uma estação de resíduos. Deverá, no entanto, atender-se, a que nem sempre uma redução na fonte se traduz por benefícios significativos. Por vezes, ao reduzirem-se caudais, aumentam-se concentrações, e daí resultam efluentes finais de pior qualidade, em virtude de não ser possível aumentar a eficiência do tratamento.



A análise custo benefício entre as alternativas de investir na fonte ou na ETARI é, por isso, indissociável, de qualquer programa global de despoluição, que envolva os efluentes líquidos e sólidos.

#### **b) Solução integrada ao nível da bacia hidrográfica**

Estabelecidas as características das descargas de águas residuais industriais que resultarão dos processos produtivos, o sistema global de despoluição deverá ter em conta todos os utilizadores da bacia hidrográfica e, em especial, aqueles que se encontram nas proximidades da unidade industrial.

Relativamente à localização das unidades industriais na bacia e as medidas de despoluição necessárias, distinguem-se as seguintes situações:

##### **Unidade industrial isolada**

Ter-se-á que proceder ao tratamento completo dos efluentes por forma a que a descarga final, após tratamento, verifique os valores da Norma Geral (D.L. 236/98), ou da específica, caso exista.

Chama-se a atenção para o facto de que a Norma não toma em conta o meio receptor, tratando indiferentemente descargas em rios de grande caudal, em linhas de água secas a maior parte do ano ou em praias, pelo que o projectista deverá ser mais exigente que a Norma e atender ao meio receptor.

##### **Unidade industrial na vizinhança de outras unidades**

O tratamento individualizado das descargas de cada indústria encarece o custo global de despoluição pois que, uma estação para  $x$  habitantes - equivalentes tem sempre um custo inferior ao de duas para  $x/2$  habitantes - equivalentes.

Não só a economia de escala, mas também o facto de muitas vezes as características dos efluentes industriais se complementarem, leva a que o tratamento conjunto dos efluentes seja, na generalidade, a solução mais adequada.

### **Unidade industrial vizinha a um aglomerado**

Apesar de ser evidente que a junção dos esforços é útil a todos, na prática são muitas as questões que se levantam ao tratamento conjunto.

Um caso comum é o da pequena unidade industrial localizada junto de um aglomerado com um caudal muito superior. A melhor solução consiste na junção de todos os esgotos e o seu tratamento conjunto. Poderá ser necessário o pré-tratamento da descarga industrial (EPTARI), mas o seu custo será sempre muito inferior ao de uma estação completa.

O caso oposto é o de uma grande indústria junto de uma pequena povoação. A construção de uma ETAR só para esgotos domésticos não trará quaisquer benefícios à bacia hidrográfica. Por outro lado, o tratamento dos efluentes industriais, embora reduza a carga poluente, não elimina o desagradável aspecto visual da água do rio para o qual são descarregados os esgotos domésticos.

O benefício da bacia passará sempre pela construção de uma estação conjunta, para o que haverá que definir a comparticipação de cada uma das partes no custo da ETAR.

### **Unidade industrial localizada dentro de um aglomerado**

Nestes casos, a construção de uma estação de tratamento de águas residuais industriais pode estar à partida posta de parte, por falta de área disponível.

Caso o município admita a descarga de efluentes industriais na sua rede, a solução mais aconselhável passa pela construção de uma estação de pré-tratamento industrial (EPTARI) antes da descarga na rede geral e o tratamento conjunto dos efluentes na mesma ETAR.

Exceptuam-se os casos de efluentes industriais que não podem ser ligados a rede geral em virtude das suas características impedirem o tratamento das águas residuais domésticas.

Nestes, haverá que prever o tratamento completo dos efluentes industriais, separadamente dos domésticos.

Relativamente à eficiência a exigir à EPTARI, ela deverá atender aos limites impostos à descarga pelo município. Para além destes e dado que à descarga é aplicada uma tarifa função das concentrações características do efluente, aconselha-se a avaliação de soluções que apresentem eficiências superiores, por forma a reduzir o valor da tarifa a pagar.

## **6 – REUTILIZAÇÃO DO EFLUENTE FINAL**

Até à data tem sido prática descarregar o efluente final das estações de tratamento de águas residuais, ou em linhas de água, ou no mar (Levy, 1998).

Tal procedimento é baseado num custo da água de consumo pouco importante e na não aplicação de uma tarifa ao efluente descarregado.

A redução da produtividade das captações e o crescente custo do tratamento da água tem levado ao encarecimento do metro cúbico distribuído, com o conseqüente aumento do custo da tarifa de água distribuída.

Em paralelo, a aplicação do princípio poluidor–utilizador–pagador levará à generalização de uma tarifa de saneamento, função do caudal e da qualidade do efluente descarregado.

A conjugação destas duas tarifas – de água e de saneamento, levará a rever os sistemas de tratamento de águas residuais e, certamente, a introduzir processos complementares para a afinação do efluente final que possibilite a sua reutilização.

Esta reutilização é aplicável, quer em efluentes domésticos, quer em efluentes industriais.

A título de exemplo do interesse da reutilização de um efluente doméstico veja-se que a captação de um aglomerado urbano é da ordem dos 300 a 400 l hab<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Deste valor, só 1/3 corresponde ao consumo na habitação. O restante é consumido em lavagens de ruas, regas e usos comerciais que não exigem água potável. Desta relação conclui-se que não só se desperdiça água de boa qualidade como se está a tratar a água a um nível desnecessário.

Também para os efluentes industriais diversas aplicações poderão ser apresentadas como justificação para a reutilização do efluente final. Como exemplos referem-se as fábricas de tintas que podem utilizar o efluente terciário na primeira lavagem dos tanques, ou os matadouros para arrastamento dos sub-produtos. Em todas as unidades, na rega dos espaços verdes e na lavagem de pavimentos exteriores.

Como processos tecnológicos para a afinação do efluente final referem-se:

a) Redução de nitratos

Desnitrificação em tanque anóxico.

b) Redução de fósforo

Digestão anaeróbia a montante da desnitrificação ou precipitação química do efluente secundário.

c) Redução de sólidos suspensos

Filtração em filtros mecânicos, em filtros de pressão ou em filtros abertos.

d) Redução de microrganismos patogénicos

Desinfecção por cloragem, por ultravioletas ou por ozono.

Bibliografia:

- LEVY, J.Q. 1993a: "Avaliação de Soluções de Tratamento", 2ª Conferência sobre Tratamento de Efluentes na Indústria, II RP
- LEVY, J.Q. 1993b: "Encarecimento do Custo de Produção devido ao custo das Medidas de Despoluição", II RP
- LEVY, J.Q. 1994: "Concepção de Estações de Tratamento de Águas Residuais - - Fiabilidade e Custo", Conferência sobre Resíduos e Efluentes Industriais, MGI.
- LEVY, J.Q. 1998: "Novas Tecnologias para o Tratamento de Águas Residuais", 1º Encontro Técnico da Ecoserviços, nos Açores.