



METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE ETA

Paula VIEIRA (1), Maria João ROSA (2), Helena ALEGRE (3), Helena LUCAS (4)

Resumo

A produção de água de qualidade para consumo humano é condicionada, para além da correcta selecção e projecto da tecnologia de tratamento, pela adequada operação da estação de tratamento (ETA). A utilização de um sistema de avaliação de desempenho aplicado ao nível da ETA beneficiará a optimização dessa operação e a identificação das necessidades de reabilitação da estação de tratamento, quer em termos de aumento de capacidade nominal, quer em termos de aumento do nível de tratamento ou de actualização tecnológica.

Integrado num Sistema de Avaliação de Desempenho de ETA mais abrangente, está a ser desenvolvida, pelo LNEC, uma componente de Avaliação de Desempenho Operacional (ADO), que pretende constituir uma ferramenta de apoio à decisão e permite obter informação do desempenho ao nível de cada operação/processo unitário ou etapa do tratamento.

Nesta comunicação apresenta-se a metodologia de desenvolvimento da ADO, que assenta predominantemente na utilização de índices de desempenho, obtidos através da aplicação de funções de desempenho. A título exemplificativo, são também apresentados alguns resultados da aplicação a casos de estudo à escala real (ETA da Águas do Algarve).

Palavras-chave: tratamento de água, avaliação de desempenho, optimização de condições de operação.

¹ Eng.^a Química, Mestre em Engenharia Sanitária, Assistente de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pvieira@lnec.pt

² Eng.^a Química, Doutorada em Engenharia Química, Investigadora Principal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, mjrosa@lnec.pt

³ Eng.^a Civil, Doutorada em Engenharia Civil, Investigadora Principal, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, halegre@lnec.pt

⁴ Eng.^a do Ambiente, Directora de Operações – Água, Águas do Algarve, SA, R. do Repouso 10, 8000-302 Faro, h.lucas@aguasdoalgarve.pt



1. INTRODUÇÃO

A produção de água de qualidade para consumo humano é condicionada, para além da correcta selecção e projecto da tecnologia de tratamento, pela adequada operação da estação de tratamento (ETA). A utilização de um sistema de avaliação de desempenho aplicado ao nível da ETA beneficiará a optimização dessa operação e a identificação das necessidades de reabilitação da estação de tratamento, quer em termos de aumento de capacidade nominal, quer em termos de aumento do nível de tratamento ou de actualização tecnológica.

No âmbito dos projectos *POCI/ECM/57909/2004 – Avaliação de desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais (Fundação para a Ciência e Tecnologia; 2005-2009)* e *ETA21 – Estudos de avaliação de desempenho e de optimização das estações de tratamento de água* (LNEC/Águas do Algarve, S.A.; 2007-2008), e de uma tese de doutoramento (Vieira, 2005), está a ser desenvolvido, pelo LNEC, e foi já parcialmente aplicado a alguns casos de estudo, um Sistema de Avaliação de Desempenho de ETA (Vieira *et al.*, 2006, 2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d). Este sistema tem duas componentes principais – uma componente de *Avaliação de Desempenho Global* (ADG) e uma componente de *Avaliação de Desempenho Operacional* (ADO). A ADO pretende apoiar, sobretudo, a decisão ao nível operacional, sendo adequada para utilização, por exemplo, pelo responsável técnico da ETA. Ao contrário do que acontece na ADG, na componente operacional a avaliação de desempenho pode já ser feita com maior pormenor obtendo-se informação ao nível da operação/processo unitário (OPU) ou etapa de tratamento.

2. METODOLOGIA GERAL

A abordagem seguida na ADO assenta predominantemente na utilização de índices de desempenho, obtidos através da aplicação de funções de desempenho, e faz uso dos conceitos já desenvolvidos por Alegre (1992) e Coelho (1997) para sistemas de distribuição de água, e por Cardoso (2007) para sistemas de drenagem de águas residuais.

A metodologia geral seguida neste trabalho é apresentada na Figura 1.

Em primeiro lugar, foram identificados os pontos de vista em relação aos quais interessa avaliar o desempenho operacional, tendo sido considerados (também no seguimento de estudos anteriores encetados por Campinas *et al.*, 2003) os seguintes: *qualidade da água tratada*, *eficiência do tratamento* e *funcionamento dos órgãos*. O sistema de avaliação de desempenho de ETA tem, portanto, três subcomponentes do desempenho operacional que correspondem a estes três pontos de vista.

Seguidamente, para cada ponto de vista, foram identificadas as variáveis que podem traduzir, em função dos valores que tomam, o desempenho da estação de tratamento ao longo do tempo. No caso do ponto de vista *qualidade da água tratada*, as variáveis consideradas são as concentrações dos contaminantes químicos e biológicos, que estão, eventualmente, presentes na água tratada. No caso da *eficiência do tratamento*, as variáveis consideradas são as eficiências de remoção dos contaminantes químicos e biológicos atrás referidos nas várias OPU/etapas do

processo de tratamento. No caso da componente *funcionamento dos órgãos*, as variáveis consideradas são os parâmetros operacionais relevantes a monitorizar e/ou controlar de modo a minimizar os problemas de operação da ETA e a aumentar o desempenho do processo de tratamento.

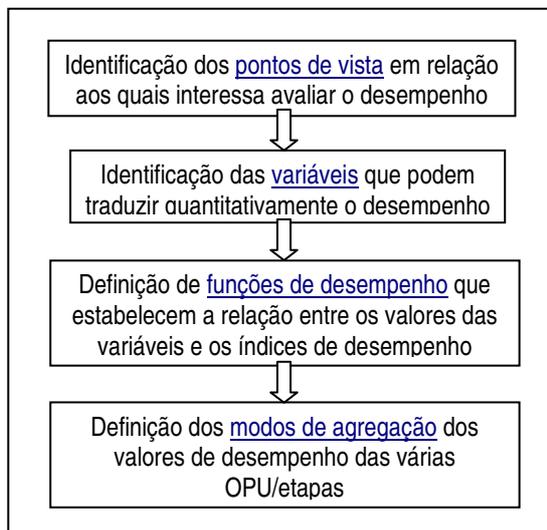


Figura 1 – Metodologia do desenvolvimento da Avaliação de Desempenho Operacional de ETA

A normalização dos valores de todas as variáveis atrás referidas foi feita através da aplicação de funções de desempenho definidas para cada uma delas. Esta função (Figura 2) penaliza qualquer desvio a uma situação óptima em que o serviço prestado pelo sistema de tratamento tem um desempenho máximo. A função associa a cada valor da variável o valor de um índice de desempenho, que assume valores entre zero e 300. O valor de 300 corresponde a uma situação em que o serviço prestado é “excelente”. Valores entre 300 e 200 traduzem desempenhos “bons” acima do (mínimo) “adequado”, que é dado pelo índice 200. Os valores entre 200 e 100 são ainda “aceitáveis”, correspondendo o valor 100 ao desempenho “mínimo aceitável”. Finalmente, valores de índices de desempenho inferiores a 100 traduzem já um desempenho “insatisfatório”. Quando o índice é zero significa que há ausência ou interrupção de serviço, ou seja, o elemento do sistema de tratamento a que o índice se refere não está a realizar a função a que se destina.

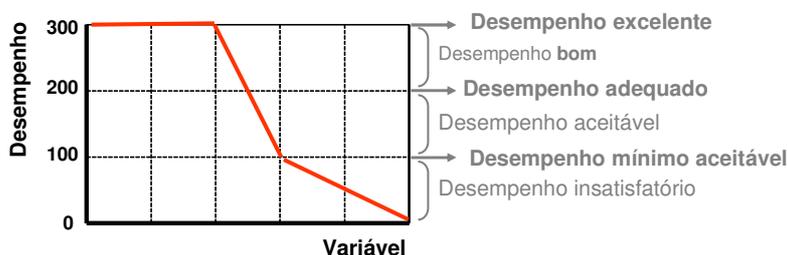


Figura 2 – Exemplo de função de desempenho

A agregação dos índices de desempenho obtidos para cada elemento da ETA permite obter um índice de desempenho para cada uma das três componentes da ADO e um índice do desempenho operacional global da ETA. Assim, a metodologia aqui proposta produz valores de desempenho operacional quer ao nível de cada

OPU/etapa, quer ao nível da ETA.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

A metodologia de ADO foi aplicada às quatro ETA integradas no sistema de abastecimento em alta da Águas do Algarve, S.A. (AdA): Alcantarilha, Tavira, Beliche e Fontaínhas. Estudou-se o período de 2001-2007 (2006-2007, no caso da componente do funcionamento dos órgãos).

A sequência de tratamento instalada nestas ETA corresponde a um tratamento convencional de água superficial de albufeira com pré-oxidação (com dióxido de cloro no caso de Fontaínhas, e com ozono nas outras três ETA), adsorção com carvão activado em pó, coagulação com um policloreto de alumínio, floculação (com adição de polielectrólito, quando necessário), decantação, filtração rápida em areia e desinfecção final com cloro. As capacidades máximas de tratamento das estações são 259.000 m³/dia, 190.000 m³/dia, 26.000 m³/dia, e 12.960 m³/dia, respectivamente para Alcantarilha, Tavira, Fontaínhas e Beliche.

A AdA promoveu recentemente o desenvolvimento de uma especificação nacional para os requisitos do produto *Água para consumo humano - Variante: sistemas de abastecimento público em alta* (ERP 5001/1 de 2007) e obteve a certificação do seu produto em Setembro de 2007.

4. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL EM TERMOS DA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

4.1 Funções de desempenho

Na componente *qualidade da água tratada* foram definidas e aplicadas funções de desempenho para ca. 70 parâmetros físico-químicos de qualidade da água (legislados e não legislados), que têm a forma geral apresentada na Figura 3a. O índice de desempenho é igual a 300 para concentrações inferiores ao Limite de Quantificação (LQ) do método analítico do parâmetro em questão. Para concentrações entre o LQ e o Valor Limite (VL: critério de qualidade da entidade gestora para o parâmetro à saída da ETA), o índice varia linearmente entre 300 e 100, ponto a partir do qual o desempenho é considerado insatisfatório. Para concentrações superiores a 1,5VL, o índice de desempenho assume o valor zero. Os parâmetros com gama de variação, ou seja, com VL inferior e VL superior (e.g., cloro) têm uma formulação diferente, como se representa na Figura 3b.

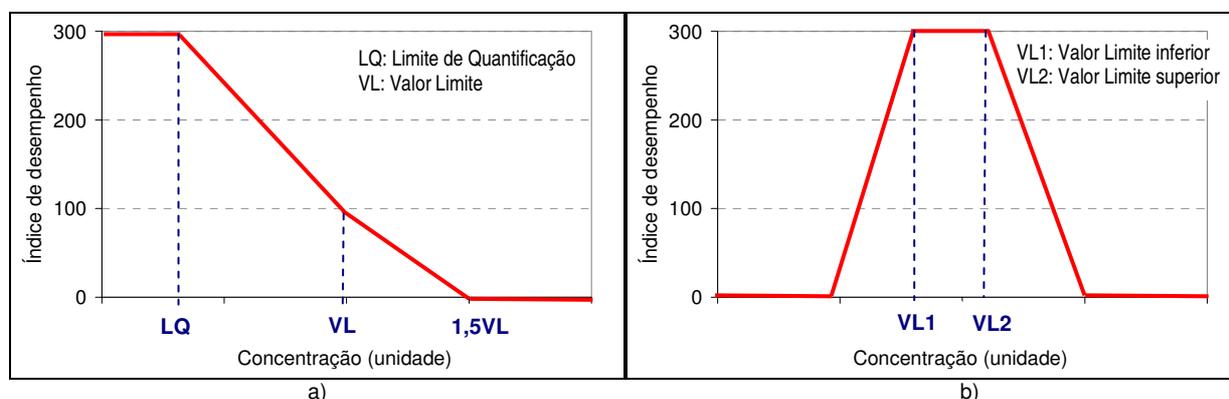


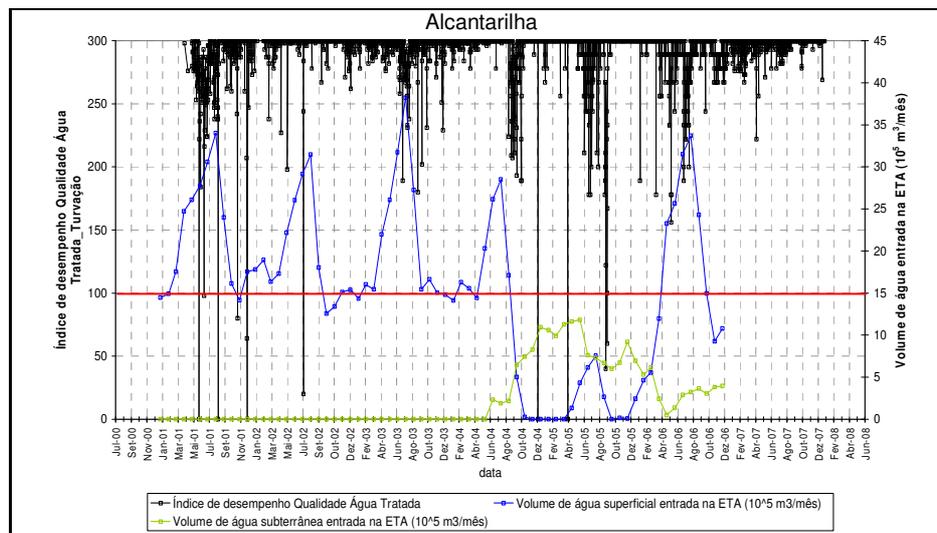
Figura 3 – Função de desempenho para avaliação de desempenho em termos de qualidade da água tratada a aplicar às concentrações dos parâmetros físico-químicos com VL superior (3a) ou com gama de variação (3b)

No caso das ETA da AdA os VL estão estabelecidos na ERP e foram, neste trabalho, aplicados retroactivamente ao período Janeiro 2001- Setembro 2007.

4.2 Resultados

Turvação

Relativamente ao parâmetro turvação, a Figura 4 mostra que o desempenho da ETA de Alcantarilha foi, em geral, bom (índices de desempenho na gama 200-300). Existem situações pontuais em que o índice apresentou valores inferiores a 100 (desempenho insatisfatório), o que correspondeu a incumprimento dos objectivos para a qualidade da água tratada estabelecidos em 2007 (1 UNT, ERP5001/1 de 2007). A ETA de Alcantarilha entrou em funcionamento em 2000 e, no período 2001-2003, tratou sempre água superficial, mas no período 2004-2006, devido à escassez de água na origem superficial, tratou uma mistura de água superficial e subterrânea (Junho-Novembro 2004, Maio-Setembro 2005 e Novembro-Dezembro 2006) ou só água subterrânea (Janeiro-Março 2005 e Outubro-Novembro 2005). Observa-se que, neste segundo período 2004-2006, o desempenho da ETA foi afectado, pois a ocorrência de índices mais baixos foi ligeiramente maior do que nos anos anteriores de 2002 e 2003.



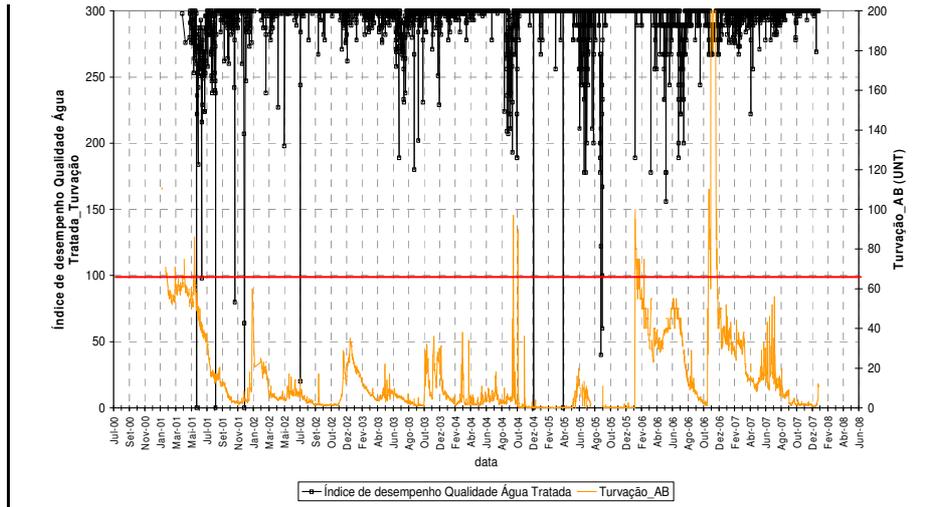
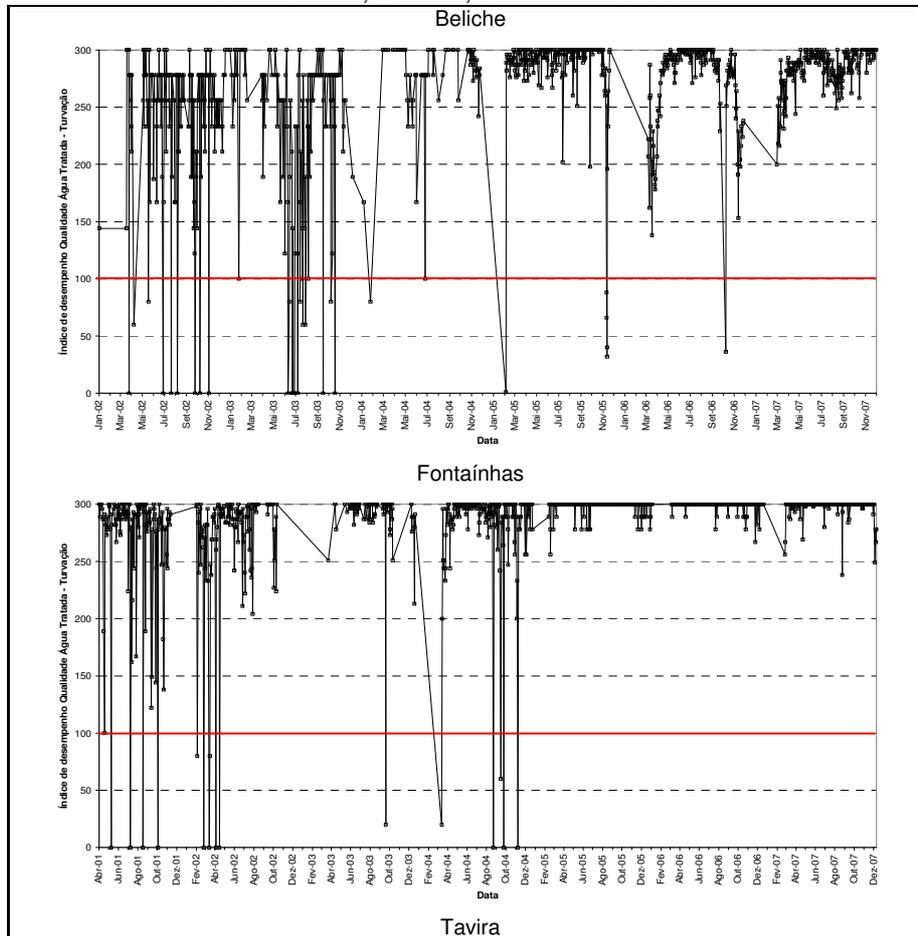


Figura 4 – Índice de desempenho em termos da qualidade da água tratada (turbvação) nas ETA de Alcantarilha, Beliche, Fontainhas e Tavira



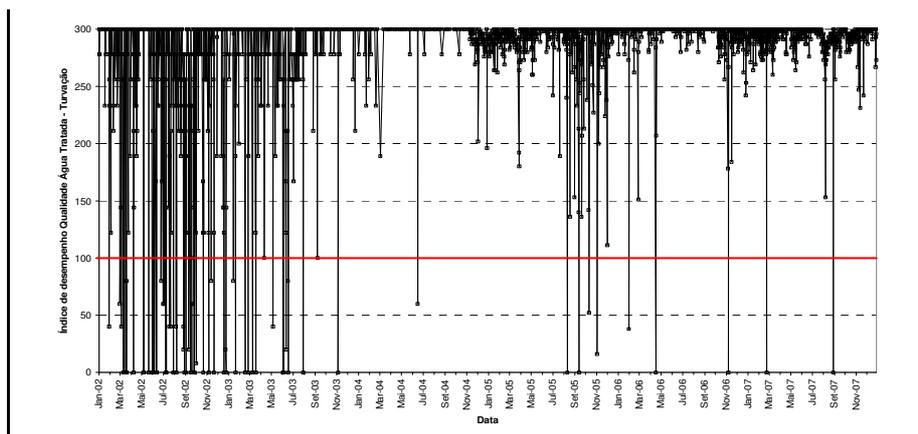


Figura 4 (cont.) – Índice de desempenho em termos da qualidade da água tratada (turvação) nas ETA de Alcantarilha, Beliche, Fontainhas e Tavira

A análise comparativa do índice de desempenho com o volume de água entrada na ETA de Alcantarilha (Figura 4) sugere que a estação tem um tempo de reacção para ajuste das condições óptimas de tratamento quando o volume de água processada e/ou a qualidade associada (*e.g.*, aumento significativo da turvação da água bruta na sequência de fortes precipitações) sofrem variações significativas, ou seja, na transição Verão-Inverno e Inverno-Verão. Nesta transição, os índices baixam, tornando a aumentar e mantendo-se mais estáveis nos períodos que se seguem, durante os quais o volume e a qualidade da água processada é mais constante (Inverno). A relação entre a qualidade da água tratada e da água bruta deve-se também à variação das eficiências com a concentração afluenta (Campinas *et al.*, 2003), aspecto analisado em 5.2. A análise comparativa do índice de desempenho com a turvação da água bruta (Figura 4) mostra que existem situações em que a concentrações afluentes mais elevadas correspondem índices de desempenho superiores (*e.g.*, Novembro-Dezembro 2006) ou inferiores (*e.g.*, Fevereiro-Julho 2006). Estes últimos correspondem a períodos de variação do caudal de entrada. Assim, as alterações da quantidade da água bruta parecem influenciar tanto ou mais o desempenho da ETA em termos da turvação final da água do que as alterações da qualidade.

Na Figura 5 apresenta-se a percentagem de dias em que a água tratada saiu de cada ETA com índices de desempenho nas várias gamas. Na legenda, entre parêntesis, indica-se o total de dias do ano para o qual havia dados.

A observação conjunta dos gráficos das Figura 4 e da Figura 5 permite comparar o desempenho das várias ETA em estudo relativamente à qualidade da água tratada em termos da turvação.

Verifica-se que, na ETA de Alcantarilha, em mais de 85-100% dos dias de cada ano (dependendo do ano) o desempenho foi bom, apresentando índices associados à turvação da água tratada superiores a 250. Em 1 a 26 dias (dependendo do ano) os índices situaram-se entre 200-250, sendo, portanto, o desempenho ainda bom. Apenas em 2004-2005 houve 2-5 dias com índices na gama 100-200 (desempenho aceitável) coincidente com a escassez de água na origem superficial. É também visível uma evolução positiva desde 2001 a 2007, ano em se registou um desempenho superior a 250 em todos os dias.

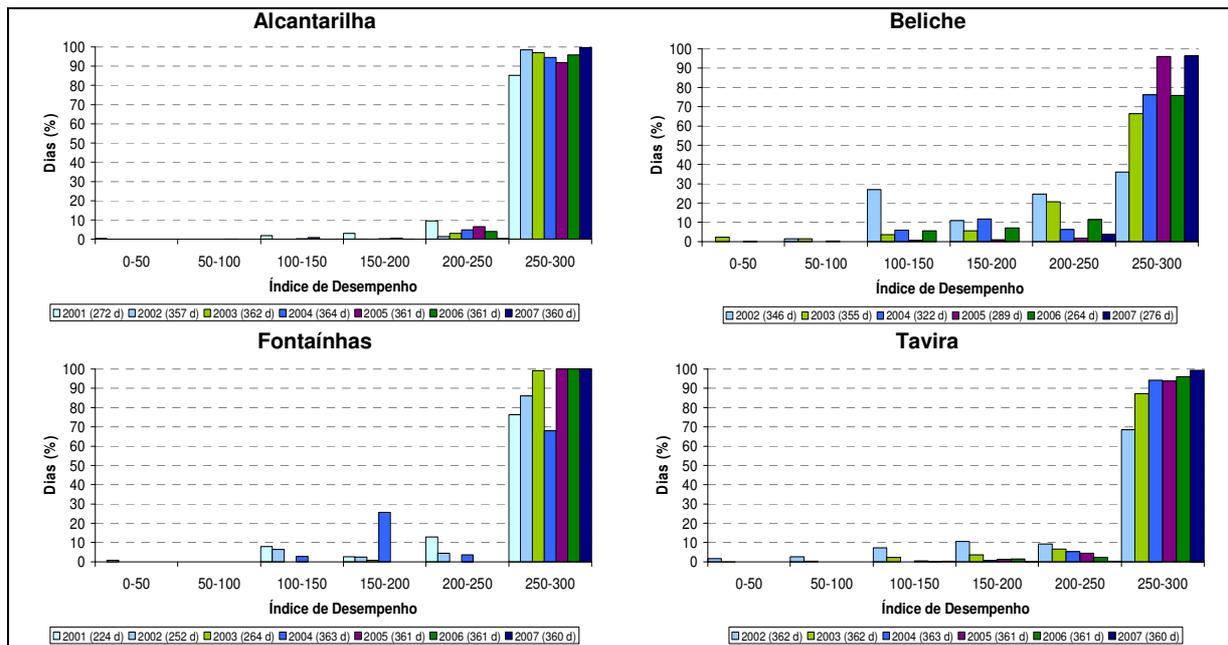


Figura 5 – Distribuição temporal do índice de desempenho em termos da qualidade da água tratada (turbaco) nas ETA de Alcantariilha, Beliche, Fontainhas e Tavira

Apesar de ligeiramente inferior à ETA de Alcantariilha, as outras três ETA da AdA apresentaram também um desempenho bom. Os índices de desempenho assumiram valores superiores a 200 em 78-100%, 72-100% e 61-100% dos dias (dependendo do ano) para as ETA de Tavira, Fontainhas e Beliche, respectivamente. Os valores mais baixos destas gamas corresponderam ao ano de 2002 e, no caso de Beliche e Fontainhas, adicionalmente aos anos de 2003 e 2004, respectivamente.

Em Beliche, a percentagem de dias com desempenho entre 200 e 250 e com desempenho aceitável (índice entre 100 e 200) foi superior ao das restantes ETA, o que traduz um menor desempenho desta ETA, em particular, em 2002, mas também em 2003, 2004 e 2006. Também no que se refere aos valores de desempenho insatisfatório (índice entre 0 e 100), a ETA de Beliche é a que apresenta piores resultados, verificando-se, no entanto, que a percentagem de dias com este comportamento nunca ultrapassou os 3% durante o período analisado.

Em todas as ETA, com exceção dos anos de 2004 em Fontainhas e 2006 em Beliche, nos quais o desempenho sofreu uma ligeira queda, é claramente visível um aumento da percentagem de dias com índices mais elevados, o que traduz uma melhoria do desempenho no período estudado, em relação ao cumprimento do VL de 1 UNT estabelecido em 2007 para a turbaco da água tratada. Tal facto estará associado ao processo de melhoria contínua do tratamento e da qualidade final da água desenvolvido pela AdA nos últimos anos e que motivou a implementaco de planos de seguranca da água e a certificaco pela ISO 22000 e pela ERP.

5. AVALIACO DE DESEMPENHO OPERACIONAL EM TERMOS DA EFICINCIA DO TRATAMENTO



5.1 Funções de desempenho

Na componente *eficiência do tratamento* foram determinadas eficiências de remoção para todas as OPU/conjunto de OPU para as quais existiam dados dos casos de estudo, e foi analisada a existência de relações entre as eficiências de remoção e as concentrações afluentes a essas OPU/etapas. Nos casos em que foram encontradas relações (habitualmente assintóticas) entre eficiências de remoção (Er) e concentrações afluentes (C_{in}) e nos quais havia dados suficientes para tratamento estatístico, foram procurados modelos que traduzissem essas relações. Com base nestes modelos foram, então, construídas as funções de desempenho a aplicar às Er (Figura 6). Estas funções permitem comparar Er obtidas com Er esperadas e determinar índices de desempenho.

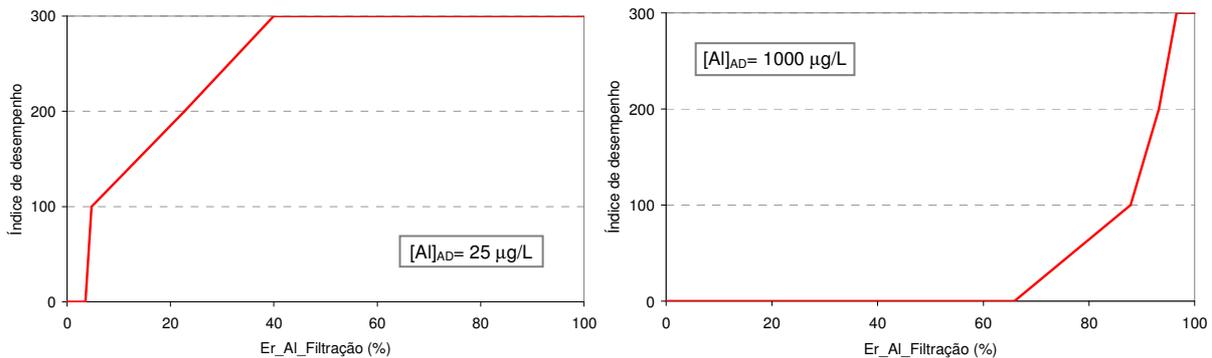


Figura 6 – Exemplo de funções de desempenho para avaliação de desempenho em termos de eficiência do tratamento (remoção de alumínio na filtração)
([Al]_{AD} = concentração de alumínio na água decantada)

5.2 Resultados

Remoção de turvação na C/F/D e na filtração

Relativamente à remoção de turvação na C/F/D, o desempenho da ETA de Alcântarilha situou-se entre o aceitável e o bom, com algumas situações de desempenho insatisfatório (Figura 7). Os períodos de menor desempenho foram Julho-Outubro 2003, Outubro 2004-Março 2005 e Agosto-Outubro 2006. O desempenho em termos da eficiência de remoção de turvação na filtração foi, em geral, superior à da C/F/D, observando-se menos situações de desempenho aceitável e insatisfatório (Figura 7). No caso da filtração, os períodos de menor desempenho foram Março-Dezembro 2001, Julho 2003, Outubro 2004 e Julho 2006.

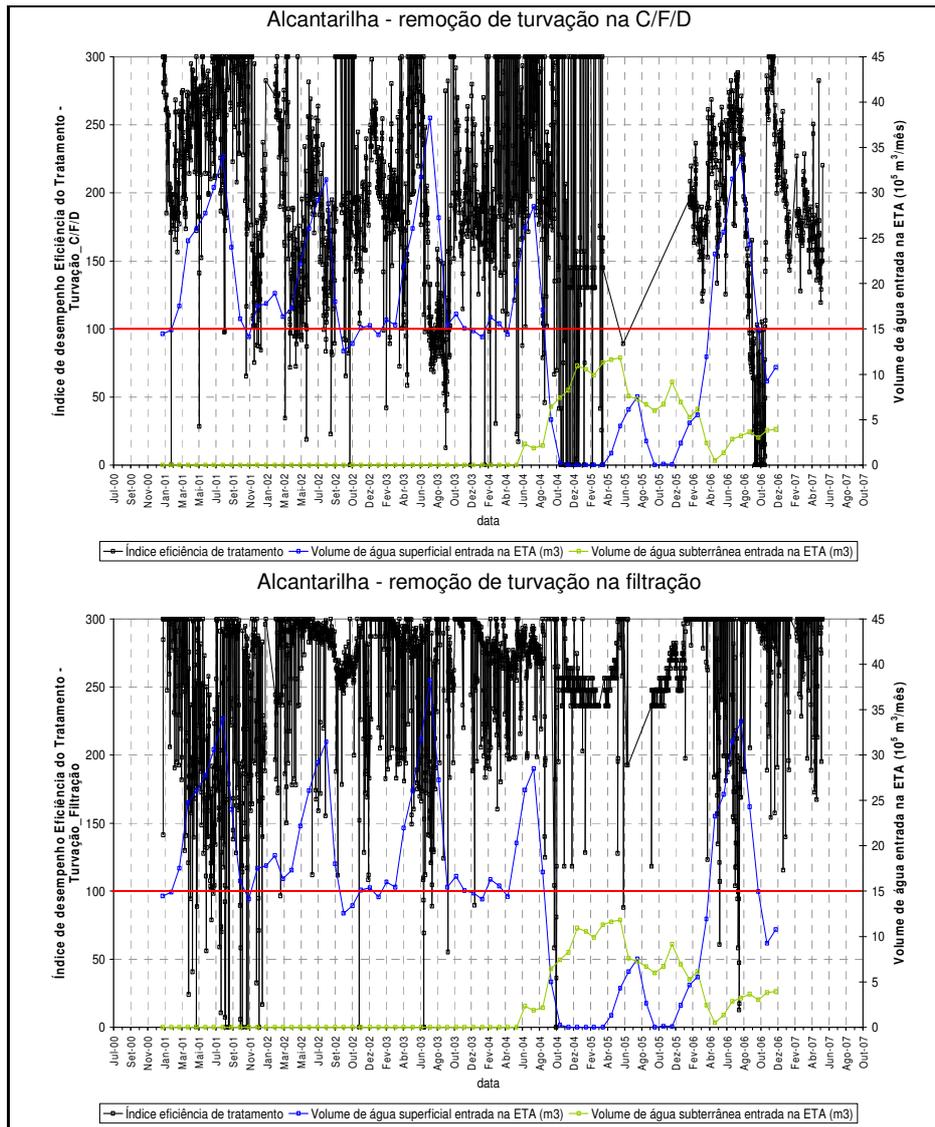


Figura 7 – Índice de desempenho em termos da eficiência do tratamento (remoção de turvação na C/F/D e na filtração) na ETA de Alcantarilha

Comparando o desempenho da C/F/D e da filtração da ETA de Alcantarilha, observam-se períodos (e.g., Outubro 2004-Março 2005, Agosto-Outubro 2006) nos quais o menor desempenho da C/F/D é compensado pelo bom desempenho da filtração, permitindo que o desempenho em termos de remoção global da turvação não tenha diminuído (resultados não apresentados nesta comunicação). Esta é a situação mais comum mas, por exemplo, em Agosto-Outubro 2003, o bom desempenho da filtração não foi suficiente e o desempenho global baixou para a gama aceitável. Em Julho de 2006, verificou-se a situação oposta, em que o desempenho da filtração foi inferior ao da C/F/D, tendo agora sido esta a etapa responsável por o desempenho em termos de remoção global não ter diminuído significativamente.

A Figura 8 confirma que o desempenho da ETA de Alcantarilha em termos da remoção de turvação na C/F/D está na gama aceitável-bom, com 9-78% dos dias (dependendo do ano) de desempenho bom e 12-91% dos dias (dependendo do ano)



com desempenho aceitável. Destacam-se os anos de 2005 e 2007 com pior desempenho, uma vez que são os anos com menor percentagem de dias com índices superiores a 200 (35% e 9%, respectivamente).

Em termos de remoção de turvação na C/F/D, a ETA de Fontainhas apresenta o melhor desempenho das quatro ETA, sendo os índices de desempenho maioritariamente acima de 200 (em 92-100% dos dias, dependendo do ano; Figura 8). O seu ano menos favorável foi 2003. A ETA de Beliche apresenta o pior desempenho, pois é a que apresenta maior número de índices inferiores a 100 (em 7-37% dos dias, dependendo do ano; Figura 8). Estes resultados podem estar relacionados com o tipo de decantadores existentes nas quatro ETA (Alcantarilha: manto de lamas com lamelas; Tavira: manto de lamas com lamelas Pulsator, Beliche: manto de lamas estático, Fontainhas: manto de lamas sem lamelas Pulsator).

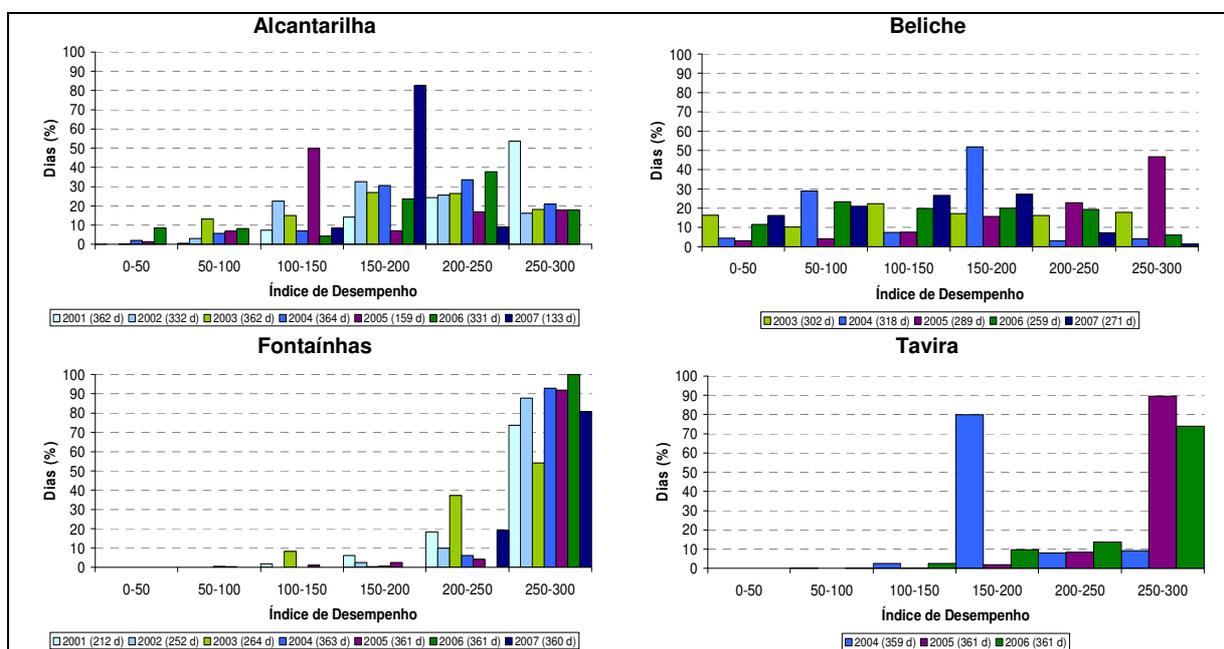


Figura 8 – Distribuição temporal do índice de desempenho em termos da eficiência do tratamento (remoção de turvação na C/F/D) nas ETA de Alcantarilha, Beliche, Fontainhas e Tavira

Em termos de remoção de turvação na filtração, os índices de desempenho das ETA de Alcantarilha e Tavira são maioritariamente bons (3-99% dos dias em Alcantarilha, 79-100% dos dias em Tavira), sendo a percentagem de dias com desempenho bom na ETA de Beliche a inferior das quatro ETA (12-86%, dependendo do ano) e registando-se índices inferiores a 100 em alguns dias (2-18%, dependendo do ano) (Figura 9).

Fazendo uma comparação em termos globais, nas ETA de Alcantarilha, Tavira e Beliche, o desempenho da C/F/D para remoção da turvação é, em geral, inferior ao da filtração. Nas ETA de Alcantarilha e Tavira, esse menor desempenho da C/F/D foi compensado pela filtração, verificando-se que o mesmo já não aconteceu na ETA de Beliche. Na ETA de Fontainhas, o desempenho da C/F/D é, em geral, superior ao da filtração.

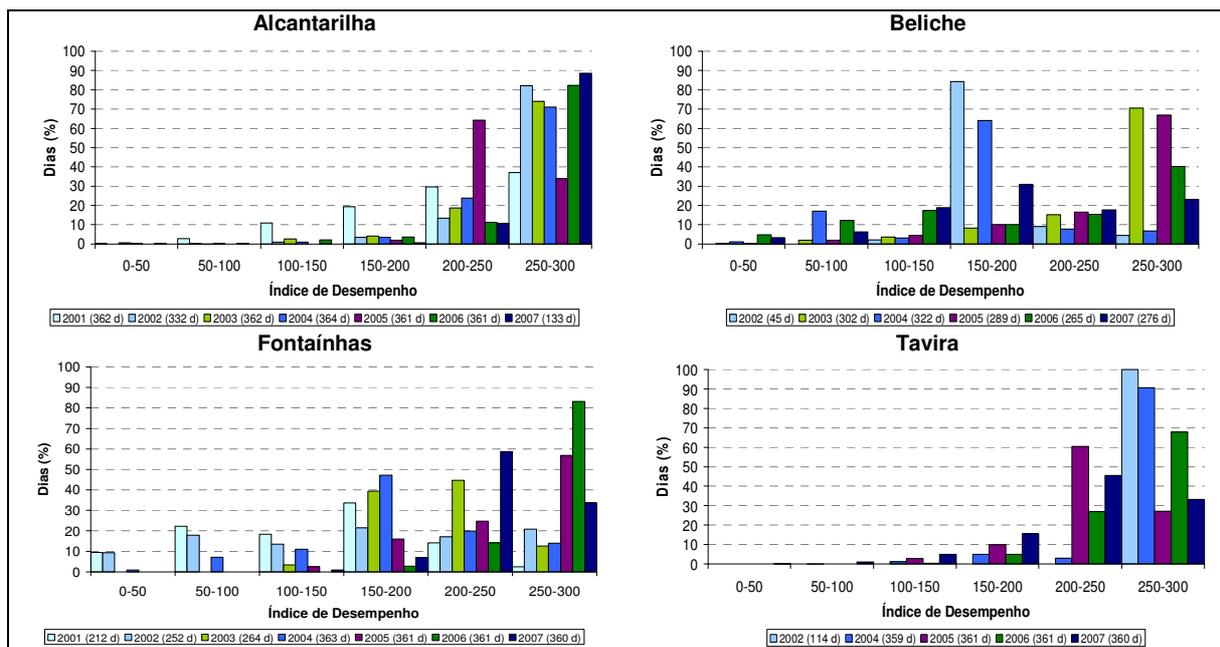


Figura 9 – Distribuição temporal do índice de desempenho em termos da eficiência do tratamento (remoção de turvação na filtração) nas ETA de Alcantariilha, Beliche, Fontainhas e Tavira

6. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO OPERACIONAL EM TERMOS DO FUNCIONAMENTO DOS ÓRGÃOS

6.1 Funções de desempenho

Na componente *funcionamento dos órgãos*, para cada parâmetro operacional, foram definidas funções de desempenho para obtenção dos índices de desempenho. Até ao momento, estas funções de desempenho foram estabelecidas com base em gamas recomendadas na bibliografia. Em geral, a sua forma é a apresentada na Figura 10, considerando-se que o índice de desempenho é 200 na gama recomendada na bibliografia e diminui até zero (admitindo-se uma tolerância de 25%) caso o parâmetro assuma valores fora dessa gama.

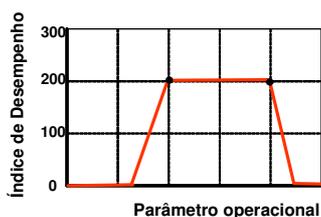


Figura 10 – Função de desempenho para avaliação de desempenho em termos do funcionamento dos órgãos (definida com base em valores da bibliografia)

Uma vez que, em geral, as gamas da bibliografia são demasiado abrangentes para permitirem uma comparação efectiva entre o desempenho de ETA distintas, considera-se que a definição das funções de desempenho pode ser melhorada atendendo às gamas óptimas de operação determinadas especificamente para cada ETA. Só neste caso será possível atingir índices de desempenho máximo de 300.



6.2 Resultados

Velocidade de filtração

A Figura 11 (com resultados de Janeiro 2006 a Dezembro 2007) mostra que, nos períodos de maior produção das quatro ETA da AdA (Verão) o desempenho em termos da velocidade de filtração é sempre bom. No entanto, nos períodos de menor produção (Inverno) observa-se que a velocidade de filtração diminui para valores abaixo da gama típica da bibliografia, pelo que o desempenho piora até níveis aceitáveis e insatisfatórios (Figura 11).

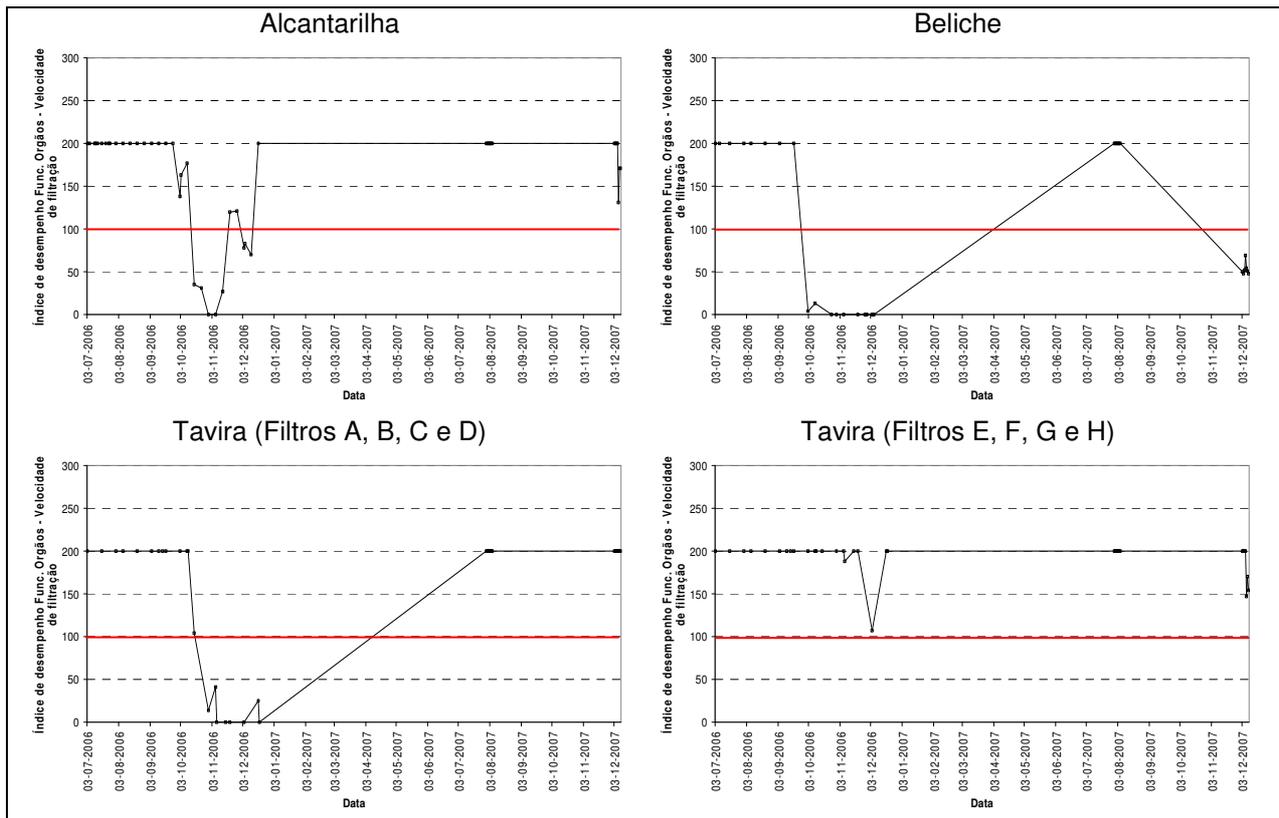


Figura 11 – Índice de desempenho em termos do funcionamento dos órgãos (velocidade de filtração) nas ETA de Alcantariilha, Beliche e Távira

Na ETA de Alcantariilha, a forma de operação com três linhas de tratamento no Verão e duas linhas no Inverno não é, portanto, suficiente para impedir que o desempenho no Inverno baixe, pontualmente, a valores inaceitáveis face ao recomendado na bibliografia. Nos filtros E, F, G e H da ETA de Távira a diminuição do desempenho não é tão acentuada, mantendo-se o índice sempre acima de 100. Estas situações de menor desempenho em termos de velocidade de filtração nem sempre corresponderam a situações de menor desempenho em termos de turvação da água filtrada (comparação da Figura 11 com resultados do índice de desempenho em termos da turvação da água filtrada não apresentados nesta comunicação). Por exemplo, na ETA de Alcantariilha, em Outubro 2006, o desempenho em termos de velocidade de filtração já tinha começado a diminuir, mas o desempenho em termos de turvação da água filtrada era ainda máximo, o que significa que as menores



velocidades podem ser adequadas a esta ETA, apesar de não se situarem exactamente na gama típica da bibliografia. Na ETA de Tavira, este facto é também notório.

Nas ETA de Alcantarilha e Tavira, observou-se uma melhoria do desempenho no período do Verão de 2007 relativamente ao Verão de 2006, uma vez que os índices são sempre superiores a 100. Em Beliche, a melhoria não é tão significativa pois os índices, apesar de terem sofrido um aumento, continuam a situar-se maioritariamente na zona do desempenho insatisfatório.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta comunicação apresenta e ilustra com exemplos representativos a componente de avaliação de desempenho operacional de ETA em desenvolvimento pelo LNEC em parceria com a AdA.

A aplicação desta componente do Sistema de Avaliação de Desempenho de ETA aos casos de estudo da AdA permitiu demonstrar que ela i) traduz a variação do desempenho de uma ETA ao longo do tempo associada a eventuais alterações tecnológicas, alterações na água bruta ou alterações de condições de operação, ii) possibilita a comparação entre o desempenho de ETA distintas, iii) possibilita a comparação entre OPU distintas, iv) possibilita a comparação entre diferentes órgãos de uma OPU e v) relaciona-se com a componente ADG. É, no entanto, necessário analisar a avaliação traduzida por estes índices de desempenho no contexto em que a ETA se insere, em especial, no caso das ETA da ADA que têm de lidar com grande sazonalidade (volúmica e mássica). Não só mas também por isso, há bastantes aspectos a melhorar e que já estão em desenvolvimento. Designadamente na componente de funcionamento dos órgãos, é fundamental encontrar gamas óptimas para cada ETA em estudo que não pertencem necessariamente à gama recomendada na bibliografia e que, portanto, poderão alterar substancialmente a avaliação agora feita. Finalmente, está em curso o desenvolvimento de metodologias de integração da avaliação das três subcomponentes da ADO.

BIBLIOGRAFIA

- Alegre, H. (1992). *Instrumentos de apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. Tese de doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Campinas M., Lucas H., Rosa M.J. (2003). Análise das eficiências de tratamento na ETA de Alcantarilha. *Recursos Hídricos*. 24 (2), 21-31.
- Cardoso, A. (2007). *Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana*. Tese de Doutoramento. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
- Coelho, S.T. (1997). *Performance in water distribution. A systems approach*. Research Studies Press. John Wiley & Sons. Taunton.
- ERP 5001/1 (2007). *Especificação de Requisitos de Produto. Água para Consumo Humano. Variante: sistemas de abastecimento público em alta* (revista em Janeiro de 2008 para ERP 5001/2 de 2008).



Vieira P. (2005). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano*. Plano de Tese de Doutoramento. Universidade do Algarve. Faro.

Vieira, P.; Rosa, M.J.; Alegre, H.; Lucas, H. (2006). “Proposta de indicadores de desempenho de estações de tratamento de água”, in *Anais do 12.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Cascais (Portugal), 14-17 Outubro, 17 pp.

Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M.J. (2007). *Avaliação de desempenho de Estações de Tratamento de Água. Revisão do estado da arte e proposta de Sistema de Avaliação de Desempenho*. Relatório 215/2007-NES, Lisboa (Portugal), LNEC, 82 pp.

Vieira, P.; Alegre, H.; Rosa, M.J.; Lucas, H. (2008a). “Drinking water treatment plants assessment through performance indicators”, in *Anais do IWA World Water Congress*, Viena (Áustria), 8-12 Setembro, 8 pp.

Vieira, P.; Silva, C.; Rosa, M.J.; Alegre, H.; Lucas, H.; Sancho, R.; Ramalho, P. (2008b). “A PI system for drinking water treatment plants - framework and case study application”, in *Performance Assessment of Urban Infrastructure Services*, editado por E. Cabrera e M. Pardo, London (Inglaterra), IWA Publishing, pp. 389-401.

Vieira, P.; Silva, C.; Rosa, M.J.; Alegre, H.; Lucas, H.; Sancho, R.; Ramalho, P. (2008c). “Indicadores de desempenho para ETA – teste e validação num caso de estudo”, in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Outubro, 13 pp.

Vieira, P.; Rosa, M.J.; Alegre, H.; Lucas, H. (2008d). “Uma ferramenta de cálculo automático para avaliação de desempenho de ETA”, in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Outubro, 14 pp.