



AValiação DE DESEMPENHO DE ESTaÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS. PROPOSTA DE INDICADORES DE AValiação DE DESEMPENHO GLOBAL

Sílvia QUADROS (1); M.J. ROSA (2); Helena ALEGRE (3)

Resumo

O compromisso nacional de atingir o nível de atendimento de 90% em sistemas de águas residuais (PEAASAR 2007-2013) pressupõe a continuação dos esforços já iniciados (construção de infra-estruturas e cumprimento de licenças de descarga), mas também o início de uma nova fase na gestão dos sistemas, e que corresponde à fase de excelência. Nesta fase, a gestão dos sistemas tem por objectivo atingir elevados níveis de eficiência e de sustentabilidade relativamente à utilização de recursos físicos, humanos e económico-financeiros. A implementação de instrumentos de avaliação de desempenho constitui um contributo importante para atingir esses objectivos.

A maioria dos sistemas de avaliação de desempenho de serviços de águas residuais de utilização consolidada a nível internacional foca sobretudo os aspectos globais da gestão e operação dos sistemas de drenagem de águas residuais. As iniciativas de avaliação que incidem especificamente sobre as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são, na sua maioria, pouco robustas, ainda pouco testadas e não avaliam o conjunto de aspectos considerados relevantes no desempenho das ETAR.

Na presente comunicação apresenta-se, de forma resumida: (i) os aspectos fundamentais dos sistemas de avaliação de desempenho; (ii) os resultados da revisão bibliográfica sobre os sistemas existentes para serviços de águas residuais ou específicos para ETAR e (iii) uma proposta de indicadores de desempenho global de ETAR urbanas.

Palavras-chave: avaliação de desempenho, ETAR, indicadores de desempenho, tratamento de águas residuais urbanas.

¹ Eng.^a do Ambiente, Mestre em Engenharia Sanitária, Assistente, Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias, *Campus* de Angra do Heroísmo, 9701-851 Angra do Heroísmo, squadros@uac.pt

² Eng.^o 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, Lisboa, mjr@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, Lisboa, halegre@lnec.pt



1. INTRODUÇÃO

O compromisso nacional de atingir o nível de atendimento de 90% em sistemas de águas residuais (PEAASAR 2007-2013) pressupõe a continuação dos esforços já iniciados (construção de infra-estruturas e cumprimento de licenças de descarga), mas também o início de uma nova fase na gestão dos sistemas, e que corresponde à fase de excelência. Nesta fase, a gestão dos sistemas tem por objectivo atingir elevados níveis de eficiência e de sustentabilidade relativamente à utilização de recursos físicos, humanos e económico-financeiros. A implementação de instrumentos de avaliação de desempenho constitui um contributo importante para atingir esses objectivos.

O desenvolvimento de um sistema de avaliação de desempenho de ETAR, que se articule bem com os sistemas mais utilizados nacional e internacionalmente, constitui uma importante ferramenta de apoio à exploração eficaz e eficiente destas instalações.

A partir da caracterização das ETAR predominantes em Portugal (Vieira *et al.*, 2006) e para resposta aos requisitos actuais e aos novos desafios que se colocam a estas instalações de tratamento: a reutilização de água e o controlo de substâncias perigosas emergentes, encontra-se em desenvolvimento um sistema de avaliação de desempenho de ETAR urbanas. É este o objectivo de uma tese de doutoramento em curso, e do projecto POCI/ECM/57909/2004 (2005-2009) *Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais* no qual esta tese se insere.

Na presente comunicação apresenta-se, de forma resumida: (i) os aspectos fundamentais dos sistemas de avaliação de desempenho; (ii) os resultados da revisão bibliográfica sobre os sistemas existentes para serviços de águas residuais ou específicos para ETAR e (iii) uma proposta de indicadores de desempenho global de ETAR urbanas.

2. REVISÃO DO ESTADO DA ARTE SOBRE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

2.1 Aspectos fundamentais dos sistemas de avaliação de desempenho

2.1.1 Objectivos e áreas de avaliação de desempenho

Para avaliar o desempenho de um serviço é necessário considerar os resultados atingidos (eficácia) e os recursos utilizados (eficiência). De acordo com Alegre *et al.* (2006), esses recursos podem diferenciar-se em recursos ambientais, humanos, tecnológicos e financeiros, que são avaliados por um conjunto de medidas de desempenho. Outro aspecto importante na implementação de um sistema de avaliação de desempenho é a definição dos objectivos específicos que se pretendem atingir, e que podem variar em função de múltiplos factores, como a disponibilidade de recursos ou o estabelecimento de metas mais ambiciosas em relação às exigências legais. Daqui se conclui que um Sistema de Avaliação de Desempenho (*Performance Assessment System*, PAS) deve permitir a uma determinada entidade gestora expressar as suas especificidades (objectivos

específicos), mas também deve permitir formular medidas de desempenho de carácter mais generalista que permitam a realização de *benchmarking*.

Como exemplos de PAS já existentes e aplicáveis a serviços de abastecimento de água e/ou drenagem e tratamento de água residual referem-se os sistemas da *International Water Association* (IWA), do Banco Mundial, do *Office of Water Services* (OfWat), entidade reguladora de Inglaterra e País de Gales, do Instituto Regulador das Águas e Resíduos (IRAR) e do *Six-Cities Group*. Mais recentes e concebidos especialmente para ETAR existem os sistemas propostos pela UNL (1998), por Fábregas (2006) e por Benedetti *et al.* (2008). Na secção 2.2 apresentam-se os aspectos mais importantes destes sistemas, *e.g.*, objectivos, áreas e medidas de avaliação de desempenho.

2.1.2 Definição de Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho (*Performance Indicators, PI*) são as medidas de avaliação de desempenho mais usadas. Devem cumprir um conjunto de requisitos que se aplicam a cada indicador e a grupos de indicadores. Assim, segundo Alegre *et al.* (2000), Matos *et al.* (2003), Alegre (2007) e ISO/24510:2007, cada indicador deverá respeitar os seguintes requisitos gerais:

- simplicidade e significado conciso,
- possibilidade de cálculo por todos os operadores,
- possibilidade de verificação por entidades independentes e
- quantificação objectiva de um determinado aspecto a avaliar.

Relativamente ao conjunto de indicadores utilizados no mesmo PAS, deve garantir-se a não sobreposição de aspectos a avaliar, restringir-se aos aspectos relevantes do funcionamento da estrutura a avaliar, ter como referência um período de tempo bem definido (um ano é o período recomendado) e permitir a aplicação a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento diversos (Alegre, 2007). Relativamente a este último aspecto, a informação de contexto e os factores explicativos (ver secção 2.2) representam uma função determinante, ao permitirem que o desempenho de diferentes entidades gestoras seja avaliado nos aspectos essenciais, ou seja, no que de facto podem ser melhorados.

2.1.3 Dados de base para o cálculo de indicadores de desempenho

A qualidade dos dados utilizados para o cálculo dos indicadores determina a qualidade dos indicadores, sendo fundamental implementar procedimentos de recolha e validação de dados. Assim, ao analisar o resultado de um indicador, o utilizador do sistema de indicadores deve dispor em simultâneo da informação relativa à qualidade dos dados utilizados para o seu cálculo. Nesse sentido, Ofwat (2002) propôs uma metodologia para qualificar a informação de base, e que consiste em atribuir graus de confiança à informação utilizada. Os dados, quer sejam medidos ou estimados, são classificados quanto à fiabilidade (metodologia de obtenção de dados, antiguidade de registos) e exactidão (desvio entre a medição efectuada e o valor considerado correcto), obtendo-se os graus de confiança através da intersecção das classes de fiabilidade e exactidão na matriz de classificação de dados.

Para além da qualidade dos dados, a interpretação dos indicadores de desempenho deve ser acompanhada por informação de contexto (ver secção 2.2) que evidencie as especificidades de cada sistema ou entidade gestora. Essa informação contém os aspectos que não dependem da actuação de curto prazo da entidade gestora. Inclui predominantemente factores externos (e.g., demográficos e geográficos), mas pode também incluir factores internos (e.g., características físicas do sistema que não possam ser alteradas a curto prazo).

O cálculo dos indicadores de desempenho envolve um grande número de dados, pelo que um PAS deve dispor de ferramentas de cálculo automático para o processamento desses dados.

2.1.4 Utilização da informação de avaliação de desempenho

Os PAS disponibilizam um conjunto de medidas de desempenho, que reflecte o desempenho do sistema num dado período de tempo. Os resultados obtidos para as medidas de desempenho destinam-se a estimular o desenvolvimento e a melhoria do desempenho dos sistemas em termos organizacionais e de procedimentos de exploração, através da comparação com outras entidades semelhantes (*benchmarking*), com metas pré-definidas ou com padrões de referência.

O sistema do Banco Mundial, para além de possibilitar a comparação entre entidades gestoras (*benchmarking*), permite ao banco, como entidade financiadora, avaliar os investimentos efectuados em sistemas de águas e de águas residuais (Yepes e Dianderas, 1996). Para além disso, também permite à instituição a obtenção de informação para projectos, relatórios e outras publicações, como também para publicações de outras instituições.

No caso do Ofwat, os valores dos indicadores constituem a informação de base para a avaliação anual que a entidade reguladora leva a cabo, e que tem por objectivo comparar a qualidade do serviço prestado pelas diferentes entidades gestoras e reflectir o desempenho na actualização das tarifas cobradas (actualizações de 5 em 5 anos). Por outro lado, o sistema de avaliação presta também informação aos consumidores sobre o desempenho da entidade responsável pelo serviço da água e das águas residuais da sua área de residência (OfWat, 2006).

Relativamente ao grupo de PI utilizados pelo IRAR, os resultados da avaliação são publicados anualmente em forma de relatório (Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal), que caracteriza o serviço prestado pelas entidades gestoras a operar neste sector. A comparação dos resultados permite efectuar o *benchmarking* entre entidades gestoras do mesmo tipo e assim contribuir para a melhoria da qualidade do serviço prestado.

O sistema do *Six-Cities Group* permite às entidades gestoras utilizar os resultados dos indicadores para realizar o *benchmarking* métrico, que se define como um processo contínuo que considera a gestão global da entidade e que permite identificar áreas de melhor e pior desempenho por comparação quantitativa com entidades semelhantes (Stahre e Adamsson, 2002). Os resultados da avaliação de desempenho deste sistema também permitem avaliar os resultados de eventuais medidas tomadas para melhorar o desempenho nas vertentes de qualidade, eficiência e economia.

2.2 Sistemas de avaliação de desempenho de serviços de águas residuais

Neste capítulo abordam-se cinco sistemas de indicadores de desempenho de serviços de águas residuais e (pela sua semelhança em alguns domínios e porque são frequentemente abordados em conjunto) de serviços de abastecimento de água, de aplicação consolidada a nível nacional e internacional – sistemas da *IWA*, Banco Mundial, *Ofwat*, *IRAR* e *Six-Cities Group*. Dado o objectivo deste trabalho, foram também estudados outros três sistemas que incidem especificamente sobre o funcionamento das ETAR – os sistemas propostos pela Universidade Nova de Lisboa, por Fábregas e por Benedetti *et al.*. As medidas de desempenho que compõem cada um dos sistemas referidos, bem como a análise crítica das medidas que incidem especificamente sobre ETAR estão extensivamente descritas em Quadros *et al.* (2008). O sistema da IWA já foi testado especificamente em ETAR, pelo que os indicadores correspondentes a esta componente do serviço de águas residuais foram especialmente considerados neste trabalho.

❖ O sistema da *International Water Association (IWA)*

Os indicadores de desempenho da IWA foram inicialmente desenvolvidos para os serviços de abastecimento de água e, mais especificamente, para a componente de distribuição (Alegre *et al.*, 2000). Pelo interesse que o sistema suscitou e pela semelhança em alguns domínios entre os serviços de abastecimento de água e os serviços de águas residuais, a metodologia inicial foi desenvolvida para os serviços de águas residuais por Matos *et al.* (2003). Em paralelo, foi testada, consolidada e alargada a sistemas de aducção (Alegre *et al.*, 2006).

Segundo Matos *et al.* (2003), os principais objectivos de uma entidade gestora de serviços de águas residuais são: prestar um bom serviço, proteger o ambiente e ser financeiramente sustentável. O alcance destes objectivos depende da forma como são geridos os recursos ambientais, humanos, tecnológicos, energéticos e financeiros. De caso para caso, varia a disponibilidade e a eficiência com que são utilizados os recursos, os objectivos de qualidade do serviço a prestar aos utilizadores e a eficácia com que são atingidos os objectivos propostos (Cardoso, 2007). O sistema da IWA permite avaliar estes aspectos oferecendo aos utilizadores a possibilidade de relacionarem os indicadores mais relevantes em cada caso, de entre um conjunto de 182 indicadores distribuídos por seis domínios de avaliação: *Ambiente, Recursos Humanos, Infra-estruturas, Operação, Qualidade do Serviço e Económico-Financeiro*.

O sistema de indicadores da IWA tem quatro componentes principais (Alegre *et al.*, 2006):

- indicadores de desempenho – medem a eficiência e a eficácia da prestação de serviço durante um período de tempo e permitem efectuar comparações com objectivos pré-estabelecidos;
- variáveis – dados usados no cálculo dos indicadores. Estas distinguem-se entre variáveis primárias e variáveis secundárias, conforme são utilizadas directamente para o cálculo do indicador ou para o cálculo de variáveis primárias;

- informação de contexto – informações que podem condicionar o valor dos indicadores, mas que não dependem de acções de gestão a curto prazo da entidade gestora;
- factores explicativos – conjunto de informação que tem por objectivo explicar os resultados dos indicadores desempenho e que podem ser indicadores, variáveis ou outros dados considerados relevantes.

❖ O sistema do Banco Mundial

O *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET)* é um programa de avaliação de desempenho de serviços de abastecimento de água e de águas residuais promovido pelo Banco Mundial, que define um conjunto de indicadores de desempenho operacionais e financeiros. Este sistema contabiliza 42 indicadores e 37 sub-indicadores nas categorias de cobertura de serviço, consumos e produção de água para consumo, água não facturada, práticas de medição, desempenho das redes, custos de operação e recursos humanos, qualidade do serviço, facturação e finanças (WorldBank, 2006).

Este sistema realça a importância da avaliação crítica dos dados utilizados no cálculo dos indicadores, uma vez que a qualidade dos indicadores depende da qualidade dos dados utilizados no seu cálculo. Quando a entidade gestora não dispõe de medições fiáveis deve ser encorajada a melhorar os sistemas de medição, de forma a obter indicadores consistentes que traduzam o real desempenho dos serviços de água e águas residuais.

Para a interpretação dos indicadores, o IBNET recolhe também informação sobre a entidade gestora e a área de abrangência do serviço prestado. O período de avaliação definido pelo sistema é o ano fiscal, que varia nos vários países onde o sistema é aplicado.

❖ O sistema do *Office of Water Services (OfWat)*

A entidade reguladora do sector da água em Inglaterra e País de Gales, o *Office of Water Services*, utiliza um sistema de avaliação de desempenho constituído por 15 indicadores distribuídos por quatro domínios de avaliação de desempenho: *Distribuição de água*, *Saneamento de águas residuais*, *Serviço ao consumidor* e *Impacto ambiental*. Para cada indicador é definida uma ponderação que distingue a importância dos indicadores no cálculo da pontuação final de cada entidade gestora.

Os indicadores relativos à avaliação de desempenho das ETAR pertencem ao domínio do *Impacto ambiental*. O *Número de acidentes ambientais* e o *Número de habitantes servidos por ETAR que não cumprem as normas de descarga* constituem os indicadores com maior ponderação deste grupo. Ao indicador *Deposição de lamas* é atribuída uma ponderação inferior aos restantes PI.

❖ O sistema do Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR)

Em Portugal, o IRAR adoptou um sistema de avaliação de desempenho baseado no sistema de indicadores da IWA (IRAR, 2007), que se aplica às entidades gestoras concessionárias municipais e multimunicipais de serviços de água e de resíduos. O sistema de avaliação do IRAR é composto por 20 indicadores para cada tipo de



serviço, que incidem sobre três domínios principais: *Defesa dos interesses dos utilizadores*, *Sustentabilidade da entidade gestora* e *Sustentabilidade ambiental*. Estas três áreas constituem os pilares da actividade reguladora do IRAR, que consiste em garantir aos utilizadores o acesso a um serviço a preço e qualidade adequados, garantir a sustentabilidade da entidade gestora de forma a que esta possua capacidade infra-estrutural, técnica e financeira para assegurar o serviço, e finalmente, assegurar a protecção do ambiente relativamente a efeitos negativos que decorram da prestação dos serviços mencionados.

❖ O sistema do *Six-Cities Group*

O *Six-Cities Group* consiste no grupo de seis cidades da Escandinávia (Copenhaga, Gotemburgo, Helsínquia, Malmo, Oslo e Estocolmo) que, por iniciativa própria, criaram um sistema de cooperação ao nível da troca de informação sobre serviços de abastecimento de água e de águas residuais, com o objectivo de melhorar o seu desempenho. De acordo com Stahre e Adamsson (2002), o sistema do *Six-Cities Group* é composto por 35 indicadores que abrangem uma ou várias das categorias *Satisfação do consumidor*, *Qualidade*, *Fiabilidade*, *Ambiente*, *Organização/recursos humanos* e *Economia*.

Os indicadores deste sistema são utilizados para efectuar *benchmarking métrico* entre as entidades que compõem o grupo. No entanto, em 2001, foram iniciados projectos para implementar o *benchmarking de processo*, que incide sobre aspectos específicos do funcionamento dos sistemas.

Mais recentemente, o grupo tem vindo a trabalhar na elaboração de um índice global de desempenho, que atende a aspectos: (i) de qualidade, serviço e ambiente, (ii) de eficiência de custos e (iii) de sustentabilidade a longo prazo (Stahre *et al.*, 2008).

❖ O Sistema proposto pela UNL (1998)

Em 1998, a Universidade Nova de Lisboa desenvolveu uma metodologia de avaliação do funcionamento de ETAR que, através da ponderação de quatro sub-índices (dois de qualidade dos produtos finais da fase líquida e fase sólida, e dois de eficiência do tratamento primário e secundário), calcula o índice global de qualidade.

Os dados para aplicação desta metodologia resultam da monitorização de parâmetros preestabelecidos de qualidade da água residual e de lamas. Para um conjunto de esquemas de tratamento típicos (fase líquida e fase sólida) e para diferentes capacidades de tratamento, este sistema estabelece (com base no Decreto-Lei n.º 74/90) os locais e parâmetros de amostragem bem como o tipo de amostra e as horas de recolha a considerar nas situações de impossibilidade de amostragem contínua (UNL, 1998).

❖ O Sistema proposto por Fábregas (2006)

O sistema desenvolvido por Fábregas (2006) propõe um conjunto de 29 indicadores de desenvolvimento sustentável aplicado a ETAR de pequenas comunidades de Portugal. Os indicadores do sistema são agrupados nos domínios *Ambiental*, *Económico* e *Sócio-cultural*, que constituem as três vertentes do desenvolvimento sustentável.

❖ O Sistema proposto por Benedetti *et al.* (2008)

Benedetti *et al.* (2008) desenvolveram uma metodologia de avaliação dos impactos ambientais dos sistemas urbanos de águas residuais nos recursos hídricos, ao nível da bacia hidrográfica. O sistema de avaliação proposto é composto por 14 indicadores e dois índices que incidem sobre as ETAR, os sistemas de drenagem de águas residuais urbanas e a qualidade do meio hídrico receptor. Estes indicadores e índices apenas abrangem os domínios *Económico* e *Ambiental*.

A aplicação deste sistema de avaliação de desempenho à bacia hidrográfica do rio Nete (Bélgica) permitiu identificar e quantificar os maiores impactos negativos na bacia hidrográfica, assim como identificar os sistemas de tratamento cujo aumento de desempenho representaria um maior impacto positivo ao nível da bacia hidrográfica.

3. OBJECTIVOS E ÂMBITO DO TRABALHO EM CURSO

A maioria dos sistemas de avaliação de desempenho de serviços de águas residuais de utilização consolidada a nível internacional foca sobretudo os aspectos globais da gestão e operação dos sistemas de drenagem de águas residuais. As iniciativas de avaliação que incidem especificamente sobre as ETAR são, na sua maioria, pouco robustas, ainda pouco testadas e não avaliam o conjunto de aspectos considerados relevantes no desempenho das ETAR, como a eficiência e fiabilidade do processo de tratamento, e a segurança de pessoas, instalações e ambiente.

Continua, portanto, a ser necessário desenvolver um sistema de avaliação de desempenho de ETAR, que se articule bem com os sistemas mais utilizados nacional e internacionalmente, e que constitua uma ferramenta de apoio à exploração eficaz e eficiente das ETAR predominantes em Portugal (Vieira *et al.*, 2006).

Na presente comunicação apresenta-se uma proposta de indicadores de desempenho global de ETAR urbanas, desenvolvida no âmbito do projecto POCI/ECM/57909/2004 (2005-2009) *Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água e de Estações de Tratamento de Águas Residuais*, proposta essa que se encontra mais desenvolvida em Quadros *et al.* (2008).

4. PROPOSTA DE INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO GLOBAL DE ETAR URBANAS

4.1 Objectivos da avaliação de desempenho de ETAR

Conforme descrito na secção 2.1.1, a implementação de um sistema de avaliação de desempenho envolve a definição prévia dos objectivos específicos que se pretendem atingir, em função dos quais se identificam as áreas de avaliação de desempenho e se concebem as respectivas medidas de avaliação.

O sistema de avaliação de desempenho proposto assumiu que o objectivo principal das entidades gestoras de ETAR consiste em garantir o tratamento eficaz da água residual bruta, de forma a cumprir os parâmetros de descarga estabelecidos, utilizando os recursos (tecnológicos, materiais, energéticos, recursos humanos e

financeiros) disponíveis de uma forma eficiente e causando o menor impacto ambiental possível. A partir deste objectivo global foram estabelecidos objectivos específicos:

- proteger a saúde pública e os ecossistemas,
- garantir a eficiência e a fiabilidade do tratamento,
- promover a utilização eficiente de recursos como a água, energia, reagentes e outros materiais;
- minimizar os acidentes com produtos;
- otimizar os recursos humanos;
- otimizar os recursos financeiros,
- apoiar a tomada de decisões de planeamento a médio e curto prazo visando a sustentabilidade da instalação.

4.2 Estrutura do sistema de avaliação de desempenho em desenvolvimento

O sistema de avaliação de desempenho em desenvolvimento adoptou a metodologia da *International Water Association* (descrita em Alegre *et al.* (2006)) e das normas ISO/24510:2007, na qual se inspirou também o sistema desenvolvido pelo regulador nacional do sector, e foi concebido de forma a poder ser utilizado em simultâneo com o sistema de avaliação de desempenho de serviços de águas residuais da IWA (Matos *et al.*, 2003), complementando-o.

Em função dos objectivos acima definidos, o PAS proposto foi estruturado com uma vertente global e uma vertente operacional (Quadros *et al.*, 2008).

A vertente de avaliação de desempenho global destina-se a apoiar a decisão a um nível de gestão superior da entidade gestora e tem como objecto de avaliação a ETAR como um todo, *i.e.*, não pretende avaliar individualmente nem otimizar as várias operações/processos unitários de tratamento das fases líquida e sólida das ETAR urbanas – esta vertente é contemplada na componente de avaliação de desempenho operacional (em desenvolvimento).

Apresenta-se de seguida, resumidamente, a proposta de avaliação de desempenho global de ETAR urbanas, baseada em indicadores de desempenho (informação pormenorizada pode ser obtida em Quadros *et al.* (2008)).

4.3 Sistema de indicadores de desempenho global de ETAR urbanas

Em face dos objectivos definidos na secção 4.1 e das áreas contempladas nos sistemas de avaliação abordados na secção 2.2 estabeleceram-se oito domínios de avaliação de desempenho global de ETAR urbanas: *Qualidade da água residual tratada, Eficiência e fiabilidade, Utilização de água, energia e materiais, Gestão de subprodutos, Segurança, Recursos humanos, Recursos financeiros e Apoio ao planeamento e projecto*. Para cada um dos domínios de avaliação foram identificados os aspectos relevantes a avaliar (Quadro 1 a 8) e para cada um destes aspectos foram formulados os indicadores de desempenho com base nos requisitos enunciados na secção 2.1.2.

A proposta actual é composta por 104 **PI** apresentados nos Quadro 1 a 8. A cada indicador proposto corresponde uma **ficha de indicador** (Quadros *et al.*, 2008) que



sistematiza a informação relativa ao seu objectivo, expressão de cálculo, unidades, origem (novo, adaptado ou igual a indicador já existente noutro PAS), interpretação de resultados e observações (para clarificação do significado das variáveis e da adequabilidade do indicador).

Para diferenciar os indicadores deste sistema dos seus homólogos nos sistemas de avaliação de desempenho da IWA (Alegre *et al.*, 2000, Matos *et al.*, 2003), e nos sistemas recentemente concebidos para drenagem urbana (Cardoso, 2007) e ETA (Vieira *et al.*, 2007), os PI são identificados por um **código** composto por 8 dígitos, em que os seis primeiros campos do código (dígitos principais) são obrigatoriamente preenchidos – os dois primeiros dígitos identificam o sistema, os dois seguintes o domínio e os dois últimos o número do PI, *e.g.*, wtWQ01 para o primeiro indicador (01) do domínio Qualidade da Água (WQ – *water quality*) do PAS de tratamento (t – *treatment*) de águas residuais (w – *waste (water)*). Os dois campos secundários são opcionais e são constituídos por “.” (que significa extensão) seguido de um caractere alfabético (se se tratar da explicitação de um resultado individual, *e.g.*, discriminação do consumo de cada reagente) ou caractere numérico (se se tratar de um indicador com mais do que uma expressão proposta para o seu cálculo⁴).

O domínio **Qualidade da água residual tratada** (Quadro 1) tem por objectivo avaliar a conformidade (em termos de número de análises realizadas e de resultados analíticos de qualidade) da água residual tratada para dois destinos finais – descarga em meio receptor e reutilização. É constituído por 9 PI.

No domínio **Eficiência e fiabilidade** (Quadro 2) avalia-se a eficiência global e a fiabilidade do tratamento, com 51 PI. A capacidade (volúmica e mássica) utilizada das infra-estruturas, a capacidade de reserva, a optimização do doseamento de reagentes e as acções preventivas de inspecção e calibração de equipamentos constituem alguns exemplos dos aspectos avaliados neste domínio.

O domínio **Utilização de água, energia e materiais** (Quadro 3) avalia o consumo de recursos na perspectiva da sua utilização eficiente, propondo-se 4 PI.

O domínio **Gestão de subprodutos** (Quadro 4) avalia a produção e valorização de lamas e de biogás, bem como a qualidade das lamas produzidas e a emissão de gases de efeito de estufa (13 PI).

O domínio **Segurança** (Quadro 5) tem por objectivo avaliar o desempenho da ETAR em termos de segurança ambiental e das instalações, assim como a segurança do pessoal afecto ao funcionamento da ETAR. Propõem-se 4 PI.

No domínio **Recursos humanos** (Quadro 6) avalia-se a disponibilidade de recursos humanos afectos ao funcionamento da ETAR, a sua qualificação, as acções de formação profissional, o absentismo e o trabalho suplementar (9 PI).

O domínio **Recursos financeiros** (Quadro 7) é constituído por 8 PI que avaliam as várias componentes dos custos operacionais e a sua relação com o volume de água residual tratada, bem como a sustentabilidade financeira da instalação, através da comparação das receitas com os custos.

⁴ Após teste e validação do PAS, esta situação deverá ser evitada; quando se justificar a sua manutenção (*e.g.*, inspecção de sistemas de bombagem pode ser avaliada por $n.\% / (\text{sistema de bombagem} \times \text{ano})$ (wtER36.1) ou por $\% / \text{ano}$ (wtER36.2)), cada entidade gestora deve seleccionar a fórmula de cálculo que considerar mais relevante.

O domínio **Apoio ao planeamento e projecto** (Quadro 8) contempla 6 PI que avaliam aspectos não directamente relacionados com a gestão da instalação, mas que influenciam o seu desempenho ambiental e económico, *e.g.*, o pessoal afecto ao planeamento e projecto, a área ocupada, o valor patrimonial do terreno e o tratamento dos gases.

No cálculo dos indicadores recomenda-se a utilização de dados relativos a um ano civil, considerado como o **período de referência** mais adequado. No entanto, quando a entidade gestora dispõe de dados correspondentes a períodos inferiores e pretende comparar os seus indicadores com os de outras entidades, o sistema permite extrapolar os indicadores para períodos equivalentes a um ano civil, utilizando para o efeito um factor de conversão. Este factor de conversão não é aplicável aos indicadores cujo denominador expressa uma variável que se reporta ao período de avaliação (*e.g.*, volume de água residual tratada ou total de análises efectuadas). Nestes casos, a própria expressão do indicador corresponde a uma relação que ocorreu naquele período de tempo, e que deverá ser mantida para períodos de tempo superiores ao período de referência.

Quadro 1. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Qualidade da água residual tratada**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Descarga em meio receptor	3	wtWQ01 = Conformidade do n.º de análises realizadas à água descarregada pela ETAR [%] = $\frac{\text{Análises realizadas até ao mínimo exigível para descarga (n.º)}}{\text{Mínimo de análises requeridas para descarga (n.º)}} \times 100$
		wtWQ03.1 = Conformidade dos resultados das análises à água descarregada pela ETAR (DL n.º 152/97) [%] = $\frac{\sum_{i=1}^n J_i}{n}$ <p>n = n.º total de parâmetros; i = parâmetro; J = conformidade (0 = não conforme e 1 = conforme).</p>
Qualidade da água descarregada no meio receptor	1	wtWQ04 = Análises que excedem os valores paramétricos da licença de descarga [%] = $\frac{\text{Análises que excedem os Vp de descarga (n.º)}}{\text{Análises realizadas para descarga (n.º)}} \times 100$
Reutilização	3	wtWQ07 = Análises que excedem os valores paramétricos da licença/contrato de reutilização [%] = $\frac{\text{Análises que excedem os Vp de reutilização (n.º)}}{\text{Análises realizadas para reutilização (n.º)}} \times 100$
		2



Quadro 2. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Eficiência e fiabilidade**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Eficiência global da ETAR	8	<p>wtER01 = Eficiência volúmica [%] = $\frac{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}{\text{Volume de água residual bruta (m}^3\text{) + volume de água doce (m}^3\text{)}} \times 100$</p> <p>wtER04 = Eficiência mássica de remoção de CQO [%] = $\frac{[\text{Massa CQO afluyente - Massa CQO descarregada (efluente + by - pass)](kg)}{\text{Massa CQO afluyente (kg)}} \times 100$</p>
Capacidade da infra-estrutura	16	<p>wtER11.a = Carga orgânica igualizada na ETAR [n.º/ano] = $\frac{\text{Utilizações da bacia de igualização devido à carga orgânica (n.º) \times 365}}{\text{Período de referência (d)}}$</p> <p>wrER12.1 = Utilização da capacidade volúmica nominal [%] = $\frac{\text{Volume de água residual bruta (m}^3\text{)}}{\text{Caudal médio de projecto (m}^3\text{/d) \times Período de referência (d)}} \times 100$</p> <p>wtER16 = Utilização da capacidade mássica de CQO [%] = $\frac{\text{Massa de CQO afluyente (kg)}}{\text{Carga mássica de CQO de projecto (kg/d) \times Período de referência (d)}} \times 100$</p>
Capacidade de reserva de reagentes	1	<p>wtER25 = Reserva de reagentes [dias] = $\frac{\text{Quantidade armazenada de reagentes (kg)}}{\text{Quantidade de reagente utilizada por dia (kg/d)}}$</p>
Optimização das dosagens de reagentes	1	<p>wtER26 = Ajuste do tratamento de lamas [n.º/ano] = $\frac{\text{Testes às lamas \times 365 (d)}}{\text{Período de referência (d)}}$</p>
Monitorização do processo	2	<p>wtER27 = Monitorização na fase líquida [n.º/fluxo da fase líquida] = $\frac{\text{Pontos de amostragem manual ou automático nos fluxos da fase líquida (n.º)}}{\text{Fluxos da fase líquida (n.º)}}$</p>
Grau de automação	6	<p>wtER29 = Monitorização em contínuo na fase líquida [n.º/fluxo da fase líquida] = $\frac{\text{Pontos de amostragem com monitorização em contínuo da fase líquida (n.º)}}{\text{Fluxos da fase líquida (n.º)}}$</p> <p>wtER31 = Controlo dos sistemas de recirculação [%] = $\frac{\text{Bombas de recirculação com comandos automáticos (n.º)}}{\text{Bombas de recirculação (n.º)}} \times 100$</p>
Supervisão do processo	1	<p>wtER35 = Supervisão do processo [%] = $\frac{\text{OPU de tratamento com supervisão (n.º)}}{\text{OPU da ETAR (n.º)}} \times 100$</p>
Inspeção do equipamento	7	<p>wtER36.1 = Inspeção de sistemas de bombagem (opção 1) [n.º/(sistema de bombagemxano)] = $\frac{\text{Inspeções a sistemas de bombagem (n.º) \times 365 / Período de referência (d)}}{\text{Sistemas de bombagem (n.º)}}$</p> <p>wt37.2 = Inspeção a sistemas de arejamento (opção 2) [%/ano] = $\frac{\text{Sistemas de arejamento inspeccionados (n.º) \times 365 / Período de referência (d)}}{\text{Sistemas de arejamento (n.º)}} \times 100$</p>
Inspeção de meios de enchimento	1	<p>wtER43 = Inspeção de meio de enchimento dos filtros [n.º/(filtrosxano)] = $\frac{\text{Filtros inspeccionados (n.º) \times 365 / Período de referência (d)}}{\text{Filtros (n.º)}}$</p>
Calibração do equipamento	2	<p>wtER44 = Frequência de calibração dos medidores de caudal [n.º/(medidorxano)] = $\frac{\text{Calibrações efectuadas aos medidores de caudal (n.º) \times 365 / Período referência (d)}}{\text{Medidores de caudal (n.º)}}$</p>
Avárias	3	<p>wtER46 = Tempo médio de reparação de avarias (>30 min.) [horas/avaria] = $\frac{\text{Tempo total de reparação de avarias com tempo de paragem superior a 30 min. (h)}}{\text{Avárias correspondentes a paragens superiores a 30 min. (n.º)}}$</p>



Quadro 2 (Cont.). Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Eficiência e fiabilidade**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Falhas no fornecimento de energia	2	wtER50 = Autonomia energética [%] = $\frac{\text{Potência do gerador} + \text{Potência do co-gerador} + \text{outras fontes (kW)}}{\text{Potência instalada (kW)}} \times 100$
Qualidade do serviço	1	wtER51 = Reclamações devidas ao funcionamento da ETAR [n.º/ano] = $\frac{\text{Reclamações devidas a odores e proliferação de insectos (n.º)} \times 365}{\text{Período de referência (d)}}$

Quadro 3. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Utilização de água, energia e materiais**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Consumo de água	1	wtRU01.1 = Utilização de água doce na ETAR (opção 1) [%] = $\frac{\text{Volume de água doce (m}^3\text{)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}} \times 100$
Consumo de energia	1	wtRU02 = Energia consumida [kWh/m³] = $\frac{\text{Consumo total de energia na ETAR (kWh)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$
Consumo de reagentes	1	wtRU03 = Consumo de reagentes [kg/m³] = $\frac{\text{Consumo total de reagentes na fase líquida e sólida (kg)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$
Consumo de meios de enchimento	1	wtRU04 = Reposição de meios de enchimento [%/ano] = $\frac{\text{Quantidade de material novo para reposição (m}^3\text{)} \times 365 / \text{Período de referência (d)}}{\text{Quantidade de material de enchimento de todos os órgãos (m}^3\text{)}}$

Quadro 4. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Gestão de subprodutos**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Produção e valorização de lamas	6	wtBP02 = Teor em matéria seca das lamas produzidas [% MS] = $\frac{\text{Massa de matéria seca nas lamas produzidas (kg MS)}}{\text{Volume de lamas produzidas (m}^3\text{)}}$ wtBP03 = Capacidade de escoamento das lamas finais [-] = $\frac{\text{Lamas escoadas (ton)}}{\text{(A + B + C) (ton)}}$ onde: A – Lamas produzidas B – Lamas armazenadas acumuladas C – Lamas de outros sistemas
Produção e valorização de outros resíduos sólidos ou líquidos	3	wtBP07 = Quantidade produzida de resíduos [%] = $\frac{\text{Quantidade produzida de (gradados + areias + escumas/so brenadante s) (m}^3\text{)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}} \times 100$
Produção e valorização de biogás	2	wtBP10 = Produção de biogás [m³ biogás/kg CBO₅ afluente] = $\frac{\text{Volume de biogás produzido (m}^3\text{)}}{\text{Massa de CBO}_5 \text{ na água residual bruta (kg)}}$
Produção de gases com efeito de estufa	2	wtBP12 = Produção de gases de efeito de estufa [ton CO₂ eq./m³] = $\frac{\text{Emissão de gases de efeito de estufa (ton CO}_2 \text{ eq.)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$



Quadro 5. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Segurança**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Derrame e/ou fuga de produtos	1	wtSa01 = Derrames e/ou fugas [kg/m³] = $\frac{\text{Quantidade de produto libertado accidentalmente (kg)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$
Resposta à emergência	1	wtSa02 = Resposta à emergência [horas/situação de emergência] = $\frac{\text{Tempo total decorrido entre a detecção da emergência e a sua resolução (h)}}{\text{Situações de emergência (n.º)}}$
Segurança no trabalho	2	wtSa03 = Acidentes de trabalho [n.º/(empregadoxano)] = $\frac{\text{Vítima(s) de acidente de trabalho (n.º)} \times (365/\text{Período de referência (d)})}{\text{Empregados equivalentes a tempo inteiro afectos ao funcionamento da ETAR (n.º)}}$

Quadro 6. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Recursos humanos**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Disponibilidade de recursos humanos	1	wtPe01 = Pessoal afecto ao tratamento [n.º/m³] = $\frac{\text{Empregados equivalentes a tempo inteiro afectos ao funcionamento da ETAR (n.º)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$
Qualificação do pessoal	2	wtPe03.1 = Pessoal com habilitações mínimas (opção 1) [%] = $\frac{\text{Empregados eq. a tempo inteiro com especialização certificada em ETAR (n.º)}}{\text{Empregados eq. a tempo inteiro afectos ao funcionamento da ETAR (n.º)}} \times 100$
Formação profissional	2	wtPe04 = Tempo total de formação [horas/(empregadoxano)] = $\frac{\text{Formação do pessoal afecto à ETAR (h)} \times 365 / \text{Período referência (d)}}{\text{Empregados eq. a tempo inteiro afectos ao funcionamento da ETAR (n.º)}} \times 100$
Absentismo	3	wtPe06.1 = Absentismo [%/ano] = $\frac{\text{Ausências dos empregados da ETAR (h)} \times 365 / \text{Período de referência (d)}}{\text{Potencial máximo anual dos empregados da ETAR (h)}} \times 100$
Trabalho suplementar	1	wtPe09 = Trabalho suplementar [%/ano] = $\frac{\text{Trabalho suplementar (h)} \times (365 / \text{Período de referência (d)})}{\text{Potencial máximo anual dos empregados da ETAR (h)}} \times 100$

Quadro 7. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Recursos financeiros**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Proveitos	1	wtFi01 = Proveito unitário [Euro/m³] = $\frac{\text{Proveitos operacionais (Euro)} - \text{Custos de auto-investimento em infra-estruturas (Euro)}}{\text{Volume de água residual bruta (m}^3\text{)}}$
Custos	2	wtFi02 = Custo unitário total [Euro/m³] = $\frac{\text{Custos anuais (Euro)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$
Custos de operação	5	wtFi05 = Custos de outsourcing [%] = $\frac{\text{Custos de outsourcing (Euro)}}{\text{Custos correntes (Euro)}} \times 100$ wtFi06 = Custos de energia [%] = $\frac{\text{Custos de energia eléctrica (Euro)}}{\text{Custos correntes (Euro)}} \times 100$



Quadro 8. Indicadores de desempenho global de ETAR no domínio **Apoio ao planeamento e projecto**

Aspectos da avaliação de desempenho	N.º PI	Exemplos de PI
Apoio ao Planeamento e projecto	6	wtPD02 = Área ocupada pelo sistema de tratamento [m²/m³] = $\frac{\text{Área ocupada pelo sistema de tratamento (m}^2\text{)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$ wtPD04 = Valor patrimonial do terreno [Euro/m³] = $\frac{\text{Valor patrimonial do terreno ocupado pela ETAR (Euro)}}{\text{Volume de água residual tratada (m}^3\text{)}}$ wtPD06 = Tratamento de gases [-1, 0 e 1] = Obra de entrada / tratamento de lamas: sem cobertura, wtPD06 = -1 com cobertura e sem tratamento de gases, wtPD06 = 0 com cobertura e com tratamento de gases, wtPD06 = 1

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente comunicação desenvolve a componente de avaliação de desempenho global de ETAR urbanas, que foi concebida com base nos conceitos de medidas de avaliação de desempenho estabelecidas pela IWA e adoptadas nas ISO 24510 e ISO 24511, designadamente, indicadores de desempenho (Matos *et al.*, 2003). Propõem-se 104 indicadores distribuídos por oito domínios de avaliação: *Qualidade da água residual tratada; Eficiência e fiabilidade; Utilização de água, energia e materiais; Gestão de subprodutos; Segurança; Recursos humanos; Recursos financeiros* e de *Apoio ao planeamento e projecto*.

A proposta apresentada carece de aplicação a casos de estudo, de forma a avaliar a relevância e robustez dos indicadores propostos, e a disponibilidade e qualidade de dados para o seu cálculo. Pretende-se ainda, com a fase de aplicação, identificar subconjuntos de ca. 20 PI que caracterizam os aspectos mais importantes da ETAR em relação a propósitos específicos, *e.g.*, “top20” para *benchmarking* interno (várias ETAR da mesma entidade gestora) ou externo (ETAR de entidades gestoras diferentes), “top20” para regulação, “top20” para candidaturas a financiamento.

Está em fase de arranque a aplicação a quatro ETAR urbanas, de diferentes contextos geográficos, ambientais e sócio-económicos, e de diferentes capacidades e tipos de tratamento, representativas da situação nacional (e internacional), caracterizada numa fase preliminar do desenvolvimento do PAS (Vieira *et al.*, 2006).

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a colaboração da Eng.^a Catarina Silva, estagiária no NES/DHA/LNEC no âmbito do projecto de I&DT LNEC/Águas do Algarve, SA “Estudos técnico-científicos para diagnóstico do funcionamento da ETAR de Lagos”.

BIBLIOGRAFIA

- Alegre, H., Hirner, W., Melo Baptista, J., Parena, R. (2000). *Performance indicators for water supply services*. 1st edition. Manual of Best Practices Series. IWA Publishing, London. ISBN 1-900222-272 (160 pp.).
- Alegre, H., Melo Baptista, J., Cabrera Jr, E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. (2006). *Performance indicators for water supply services*. 2nd edition. Manual of Best Practices Series. IWA Publishing, London. ISBN 1843390515 (305 pp.).



- Benedetti, L., Dirckx, G., Bixio, D., Thoeye, C., Vanrolleghem, P.A. (2008). Environmental and economic performance assessment of the integrated urban water system. *Journal of the Environmental Management*, Volume 88, (N.º 4), Set. 2008, (1262-1272).
- Cardoso, A. (2007). *Avaliação de desempenho de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (373 pp).
- Fábregas, C. A. (2006). *Aplicación de indicadores de sostenibilidad a Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de poblaciones rurales de Portugal*. Proyecto ICREW – Improving Coastal and Recreational Waters, Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona.
- IRAR (2007). *Relatório anual do sector das águas e resíduos de 2006 (RASARP-2006)*. Instituto Regulador das Águas e Resíduos, Volume 3, Lisboa (337 pp).
- ISO (2007). ISO 24510: *Service activities relating to drinking water and wastewater – Guidelines for the improvement and for the assessment of the service users*. International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO (2007). ISO 24511: *Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of wastewater services*. International Organization for Standardization, Geneva.
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2003). *Performance indicators for wastewater services*. Manual of Best Practices Series. IWA Publishing, London. ISBN 19002229006 (192 pp.).
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2004). *Indicadores de desempenho de serviços de águas residuais* (versão portuguesa adaptada de “Performance indicators for wastewater services”, 2003 IWA Publishing), Edição IRAR/LNEC, ISBN 972-99354-3-3, Lisboa (283 pp.)
- OfWat (2002). *June return reporting requirements and definition manual*. Retrieved March 2003, from Office of Water Services (OFWAT), web site: <http://www.ofwat.gov.uk/aptrix/ofwat/publish.nsf/Content/navigation-Commissioned-Reports2002> (acedido em Set. 2008).
- OfWat (2004). *Updating the overall performance assessment (OPA) – conclusions and methodology for 2004-05 onwards*. UK. Office of Water Services.
- Quadros, S., Rosa, M.J., Alegre, H. (2008). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água residual urbanas. – Revisão do estado da arte e proposta de sistema de avaliação de desempenho*. Relatório #/2008 – NES, LNEC. Lisboa (no prelo).
- Stahre, P., Adamsson, J. (2002). Performance benchmarking. A powerful management tool for water and wastewater utilities. *Watermarque*, Vol 5 (N.º 3), (24 pp).
- Stahre, P., Adamsson, J., Mellstrom, G. (2008). A new approach for assessment of the performance of water distribution and sewerage networks. *Anais da International Conference on Performance Assessment of Urban Infrastructure Services*. Valencia, Espanha (20pp).
- UNL (1998) *Metodologia de avaliação do funcionamento de estações de tratamento de águas residuais urbanas*. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa. Lisboa (44 pp).
- Vieira, P., Quadros, P., Pimentel, F., Rosa, M.J., Alegre, H. (2006). Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais: caracterização da situação nacional. *Águas & Resíduos*, série III. n.º 2, Outubro/Dezembro (2006) 28-39.
- 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, LNEC. Lisboa (82 pp).
- Worldbank (2006). *IBNET indicator definitions*. World Bank Washington.
- Yepes, G., Dianderas, A. (1996). *Water & Wastewater Utilities Indicators: 2nd Edition*, Water and Sanitation Division, World Bank. Washington D.C.