



## UMA FERRAMENTA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ETA

Paula VIEIRA (1), Pedro RAMALHO (2), Maria João ROSA (3), Helena ALEGRE (4),  
Catarina SILVA (5), Helena LUCAS (6)

### Resumo

A avaliação de desempenho de serviços de abastecimento de água é um tema que tem vindo a revestir-se de importância crescente em todo o mundo. A necessidade da definição de objectivos de gestão por parte das entidades gestoras, e a correspondente necessidade de posterior verificação do cumprimento dos objectivos estabelecidos, levaram ao surgimento de várias metodologias para levar a cabo a avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água como um todo. 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) e *ETA21 – Estudos de avaliação de desempenho e de optimização das estações de tratamento de água* (Águas do Algarve, S.A.) está em desenvolvimento, no LNEC, uma metodologia de avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano. A área do tratamento tinha sido, até hoje, considerada de forma incipiente nos sistemas de avaliação de desempenho já existentes para serviços de abastecimento de água.

A aplicação manual deste sistema, se extensivamente aplicado, corresponderia a uma tarefa morosa e complexa, dado o elevado número e variedade das medidas de avaliação contempladas, das variáveis necessárias ao seu cálculo e da visualização de resultados. Para obviar esta questão, foi concebida e desenvolvida a ferramenta de cálculo automático *PAS\_WTP*, que implementa esse sistema em Microsoft Excel® com programação em *Visual Basic for Applications*.

Nesta comunicação, para além de uma breve apresentação do sistema de avaliação de desempenho de ETA desenvolvido, é feita a descrição da ferramenta de cálculo.

---

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

<sup>2</sup>Eng.º do Ambiente, Bolseiro de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, pramalho@lnec.pt

<sup>3</sup>Eng.ª Química, Doutorada em Engenharia Química, Investigadora Principal do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, mjrosa@lnec.pt

<sup>4</sup>Eng.ª Civil, Doutorada em Engenharia Civil, Investigadora Principal Habilitada do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, halegre@lnec.pt

<sup>5</sup>Eng.º do Ambiente, Bolseira de Investigação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, csilva@lnec.pt

<sup>6</sup>Eng.ª do Ambiente, Directora de Operações - Água da Águas do Algarve, SA, R. do Repouso 10, 8000-302 Faro, h.lucas@aguasdoalgarve.pt

**Palavras-chave:** tratamento de água, avaliação de desempenho, ferramenta de cálculo.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação de desempenho de serviços de infra-estruturas urbanas, em particular, de serviços de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, é um tema que tem vindo a revestir-se de importância crescente em todo o mundo. A necessidade da definição de objectivos de gestão por parte das entidades gestoras, e a correspondente necessidade de posterior verificação do cumprimento dos objectivos estabelecidos, conduziram ao surgimento de várias metodologias para levar a cabo a avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento e dos sistemas de águas residuais como um todo. 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 (Águas do Algarve, S.A.; 2007-2008)* está em desenvolvimento no LNEC, e foi já parcialmente aplicada a alguns casos de estudo, uma metodologia de avaliação de Estações de Tratamento de Água para consumo humano (ETA) (Vieira *et al.*, 2006, 2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d; Silva, 2008). A área do tratamento tinha sido, até hoje, considerada de forma incipiente nos sistemas já existentes de avaliação de desempenho de serviços de abastecimento de água.

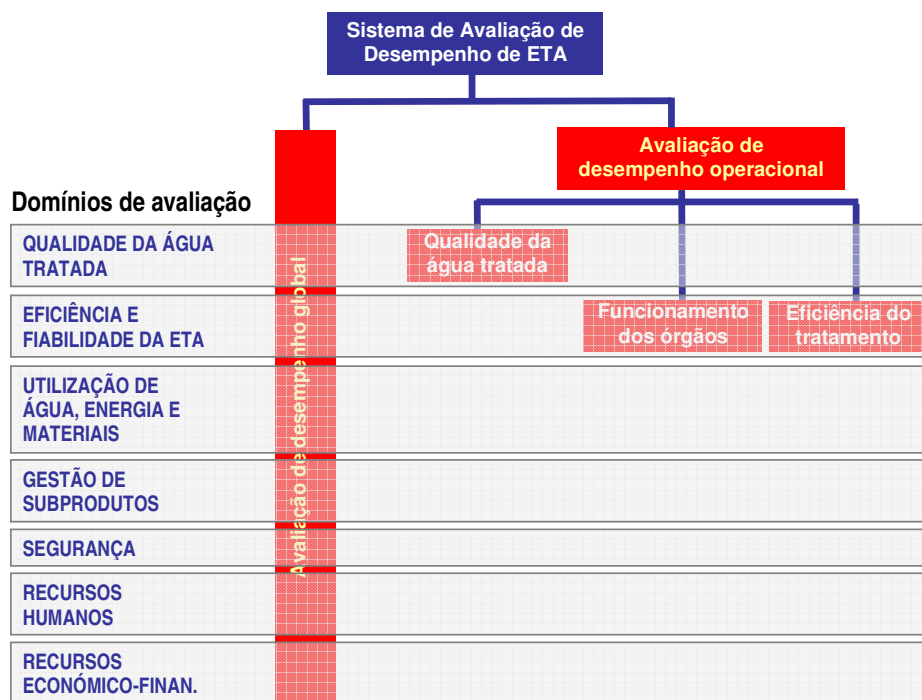
O sistema proposto, se aplicado na sua totalidade, envolve o tratamento de um elevado volume de dados, para o cálculo das variáveis e das medidas de desempenho e respectiva visualização de resultados, pelo que a aplicação manual deste sistema corresponderia a uma tarefa morosa e complexa. Para obviar esta questão, foi concebida e desenvolvida a ferramenta de cálculo automático *PAS\_WTP* que implementa esse sistema em Microsoft Excel® com programação em *Visual Basic for Applications (VBA)*. Esta ferramenta foi inteiramente desenvolvida no LNEC no âmbito de uma tese de doutoramento e dos projectos acima referidos, pode ser instalada em qualquer tipo de computador e é de fácil utilização. Até ao momento, são contempladas no *PAS\_WTP* as operações/processos unitários de tratamento (OPU) associados à sequência de tratamento convencional.

No presente texto, para além de uma breve apresentação do sistema de avaliação de desempenho de ETA desenvolvido, é feita a descrição da ferramenta de cálculo, assim como de alguns exemplos da sua aplicação a casos de estudo à escala real.

## 2. SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

O sistema de avaliação de desempenho de ETA proposto tem duas componentes principais – uma componente de *Avaliação de Desempenho Global (ADG)* e uma *componente de Avaliação de Desempenho Operacional (ADO)* (Figura 1), ambas pormenorizadas noutras comunicações a este ENaSB (Vieira *et al.*, 2008c, 2008d).

A componente de ADG destina-se ao apoio à decisão a um nível mais elevado de gestão técnica da ETA, segue a abordagem da *International Water Association* (Alegre *et al.*, 2006), e os princípios estabelecidos nas normas ISO 24500 (ISO/DIS24512, 2006), é baseada em indicadores de desempenho (ID), usa dados históricos e a informação de desempenho obtida é agregada ao nível da estação. Inclui um conjunto de ca. 80 indicadores, agrupados em sete domínios de avaliação de desempenho: *qualidade da água tratada; eficiência e fiabilidade da ETA; utilização de água, energia e materiais; gestão de subprodutos; segurança; recursos humanos e recursos económico-financeiros*. Em Vieira *et al.* (2007) caracteriza-se cada ID em pormenor através da seguinte informação: código e designação, domínio de avaliação de desempenho em que se enquadra, objectivo, expressão de cálculo, unidades em que deve ser expresso, período de avaliação recomendado e aspectos a ter em consideração no cálculo e na análise de resultados.



**Figura 1** – Estrutura do sistema de avaliação de desempenho de ETA e domínios de avaliação previstos

A componente de ADO pretende apoiar sobretudo a decisão ao nível operacional, sendo adequada para utilização, por exemplo, pelo responsável técnico da ETA. Ao contrário do desempenho global, neste caso a avaliação de desempenho pode já ser feita com maior pormenor obtendo-se informação ao nível da OPU ou etapa de tratamento. Também os dados de base usados são mais desagregados ao nível de OPU ou etapa de tratamento. O desempenho operacional é avaliado sob três pontos de vista: *desempenho em termos da qualidade da água tratada, desempenho em termos da eficiência do tratamento e desempenho em termos do funcionamento dos órgãos da estação*. A ADO baseia-se, predominantemente, em índices de desempenho e é descrita de modo mais pormenorizado em Vieira *et al.* (2008d).

As várias componentes deste sistema de avaliação de desempenho não têm necessariamente que ser todas aplicadas, cabendo ao utilizador seleccionar e implementar apenas as medidas de desempenho que melhor servem os seus objectivos específicos.

### 3. FERRAMENTA DE CÁLCULO AUTOMÁTICO

#### 3.1 Estrutura da ferramenta de cálculo

A Figura 2 apresenta a estrutura da ferramenta de cálculo *PAS\_WTP*. Para além de um módulo de interface geral que faz a ligação entre todos os módulos, o *PAS\_WTP* inclui módulos de introdução de dados e quatro módulos de cálculo que são correspondentes às várias componentes do sistema de avaliação de desempenho descrito na secção 2.

Os vários módulos foram construídos em ambiente Microsoft Excel<sup>®</sup>, de modo a permitir uma fácil instalação e manipulação de dados pelo utilizador, bem como facilitar a exportação de resultados para outros documentos de diferentes formatos. Cada ficheiro tem associado um código de programação em linguagem VBA que permite a sua automatização.

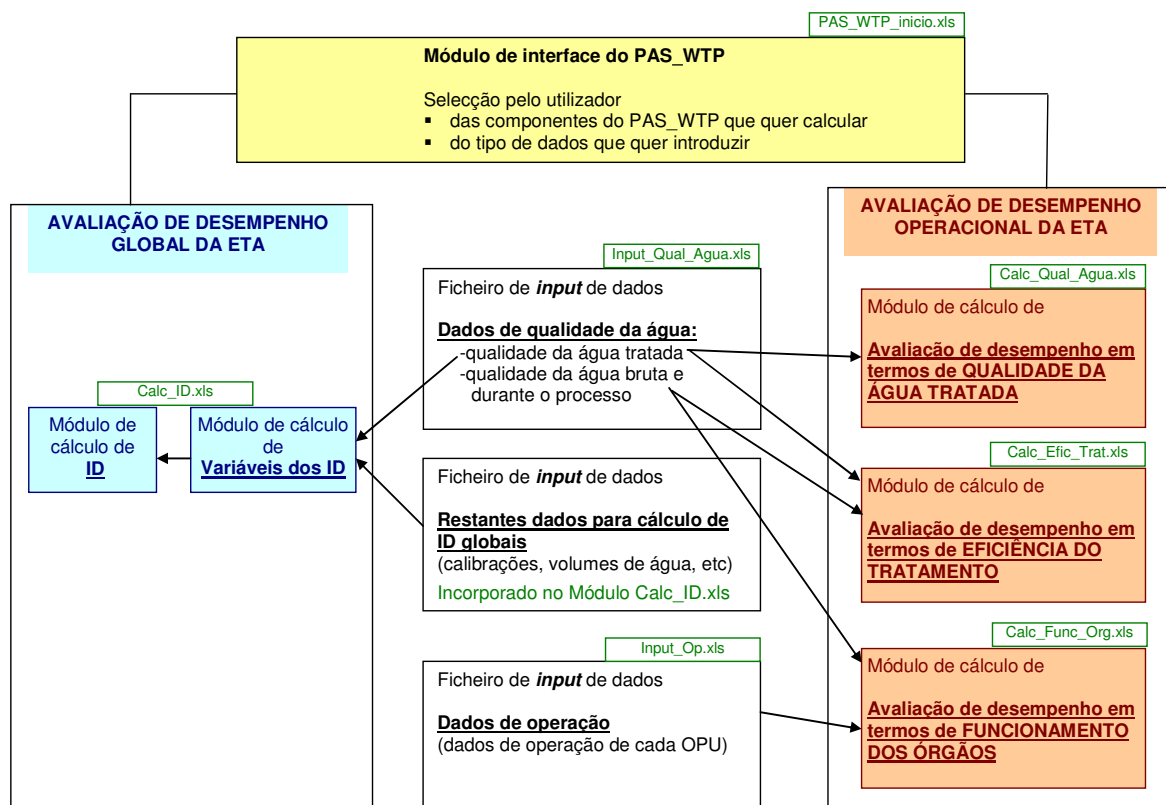


Figura 2 – Estrutura da ferramenta de cálculo automático *PAS\_WTP* para avaliação do desempenho de estações de tratamento de água de consumo

#### 3.2 Os diferentes módulos da ferramenta de cálculo

##### 3.2.1 Módulos de introdução de dados



Os dados necessários para utilização da ferramenta *PAS\_WTP* são de diversos tipos, incluindo dados de qualidade da água, dados de operação da ETA, dados relativos à infra-estrutura, dados de recursos humanos e dados financeiros. A introdução de dados no *PAS\_WTP* é efectuada através de três módulos, dois deles exclusivos para este fim: o módulo *Input\_Qual\_Agua.xls* e o módulo *Input\_Op.xls*. Embora o módulo *Calc\_ID.xls* seja um módulo de cálculo, permite também a introdução de dados para o cálculo de indicadores de desempenho na componente ADG.

### Módulo *Input\_Qual\_Agua.xls*

O módulo *Input\_Qual\_Agua.xls* armazena dados de qualidade de água relativos às várias fases do processo de tratamento, que servem de base ao cálculo de índices de desempenho em termos de qualidade de água tratada (no módulo *Calc\_Qual\_Agua.xls*) e de eficiência do tratamento (no módulo *Calc\_Efic\_Trat.xls*), sendo alguns deles também usados no módulo *Calc\_Func\_Org.xls*. Os dados relativos à qualidade da água tratada do módulo *Input\_Qual\_Agua.xls* são também utilizados no módulo que calcula indicadores de desempenho (*Calc\_ID.xls*).

Este módulo encontra-se organizado por parâmetro de qualidade da água, correspondendo cada folha de cálculo a um parâmetro. Cada folha de cálculo compreende a seguinte informação: identificação do parâmetro e respectiva unidade; período dos dados e identificação das fases de tratamento (Figura 3).

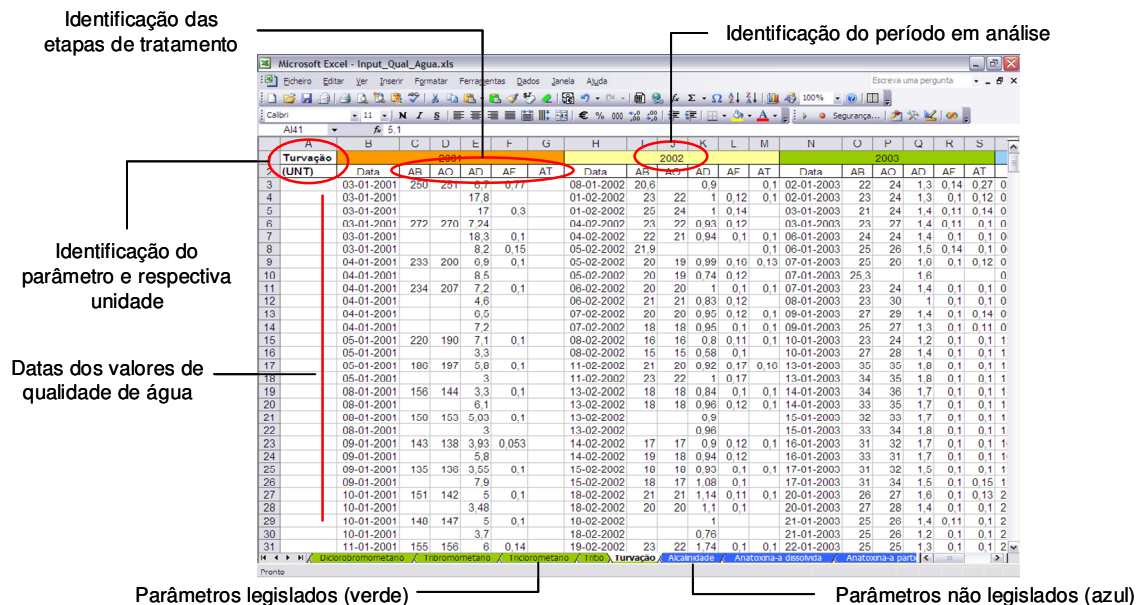


Figura 3 – Screenshot de uma folha de introdução de dados no módulo *Input\_Qual\_Agua.xls*

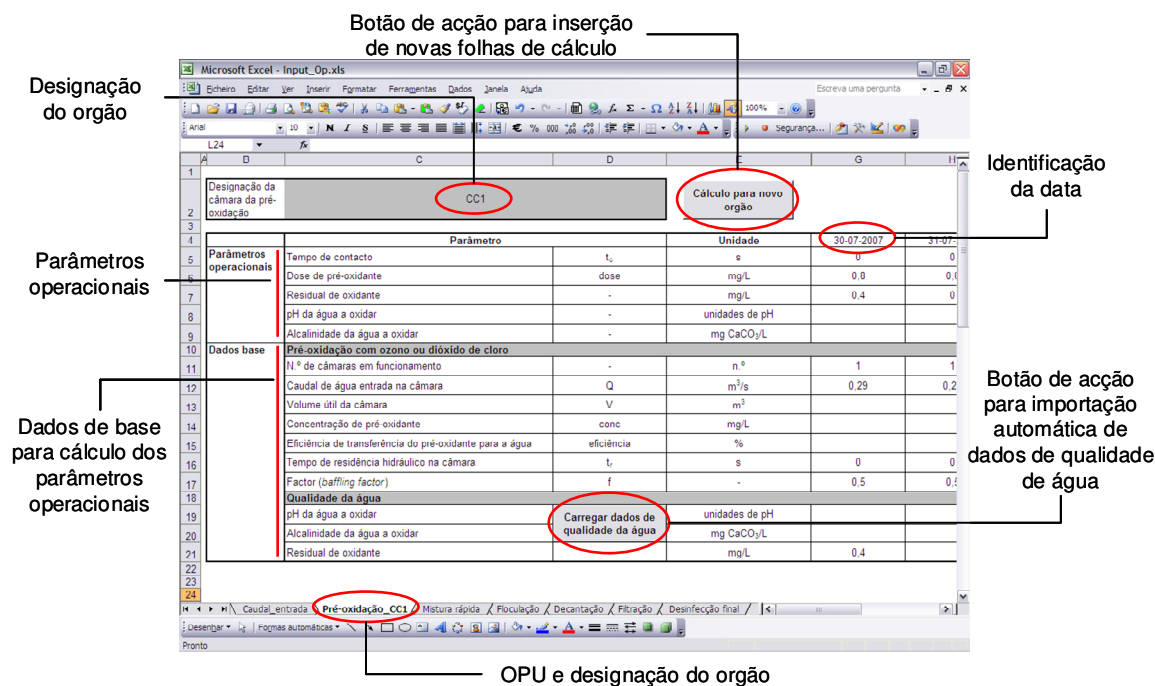
A escolha dos dados de qualidade da água a inserir fica ao critério do utilizador, podendo ser inseridos dados para qualquer subconjunto de parâmetros, qualquer período ou qualquer etapa de tratamento, dependendo do objectivo da avaliação de desempenho. A ferramenta não requer, portanto, que todos os dados se encontrem inseridos para que se proceda ao cálculo nos outros módulos. Neste momento, são

abrangidos ca. 70 parâmetros de qualidade, mas o utilizador tem também a possibilidade de introduzir novos parâmetros.

### Módulo *Input\_Op.xls*

O módulo *Input\_Op.xls* armazena dados de operação que servem de base ao cálculo de índices de desempenho em termos de funcionamento dos órgãos no módulo *Calc\_Func\_Org.xls*.

Este módulo encontra-se organizado por OPU (Figura 4), sendo possível estudar a pré-oxidação, a mistura rápida, a floculação, a decantação, a filtração e a desinfecção final. Estão previstas alternativas para cada OPU como, por exemplo, na decantação onde são abrangidas a decantação convencional, decantação por manto de lamas e decantação acelerada. Caso exista mais do que um órgão associado a determinada OPU, são criadas automaticamente folhas adicionais de introdução de dados para cada um deles. Cada folha de cálculo encontra-se dividida em duas partes: uma onde constam os parâmetros operacionais a calcular (e.g., tempo de retenção hidráulico) e outra onde constam os dados de base que suportam o cálculo desses parâmetros operacionais (e.g., volume do órgão e caudal de água). O utilizador pode optar por introduzir os dados de base ou, caso já disponha dos parâmetros operacionais, pode optar por introduzi-los directamente.



Botão de acção para inserção de novas folhas de cálculo

Designação do órgão

Identificação da data

Parâmetros operacionais

Dados de base para cálculo dos parâmetros operacionais

Botão de acção para importação automática de dados de qualidade de água

OPU e designação do órgão

Parâmetro	Unidade	30-07-2007	31-07-2007
Tempo de contacto	t	0	0
Dose de pré-oxidante	dose	0,8	0,8
Residual de oxidante	-	0,4	0
pH da água a oxidar	unidades de pH		
Alcalinidade da água a oxidar	mg CaCO <sub>3</sub> /L		

Figura 4 – Screenshot de uma folha de introdução de dados no módulo *Input\_Op.xls*

Tal como em *Input\_Qual\_Agua.xls*, o módulo *Input\_Op.xls* não requer que todos os dados se encontrem inseridos para que se possa efectuar a avaliação de desempenho. Esta avaliação será feita apenas em termos dos parâmetros operacionais para os quais existam dados.

Uma funcionalidade deste módulo permite que sejam importados automaticamente dados de qualidade de água a partir do módulo *Input\_Qual\_Agua.xls*.

## Introdução de dados para o cálculo de indicadores de desempenho

Com excepção dos dados de qualidade da água tratada (introduzidos em *Input\_Qual\_Agua.xls*), todos os dados para o cálculo de indicadores de desempenho são introduzidos no módulo *Calc\_ID.xls*.

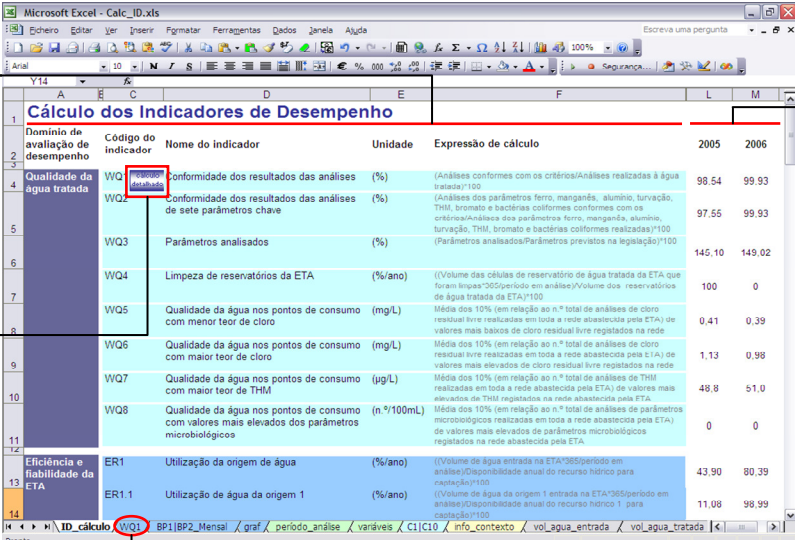
### 3.2.2 Módulos de cálculo e visualização de resultados

A ferramenta de cálculo automático *PAS\_WTP* inclui quatro módulos de cálculo, que simultaneamente permitem a visualização dos resultados obtidos.

#### Módulo *Calc\_ID.xls*

O módulo *Calc\_ID.xls* calcula os indicadores de desempenho (componente ADG do sistema de avaliação de desempenho). Os ID são calculados na folha *Calc\_ID* que se encontra organizada por domínio de avaliação de desempenho e inclui a seguinte informação relativa a cada ID: código e nome, unidade em que é expresso, expressão de cálculo e resultados obtidos no período analisado (Figura 5).

As variáveis para o cálculo dos ID podem ser introduzidas directamente na folha *Variáveis* (Figura 6a) ou podem ser calculadas a partir de dados de base introduzidos noutras folhas existentes no mesmo módulo (Figura 6b)). Não é necessário introduzir dados/calcular todos os ID, podendo o utilizador seleccionar de entre os ca. 80 ID previstos na ferramenta os que são mais adequados aos seus objectivos específicos.



Caracterização dos ID

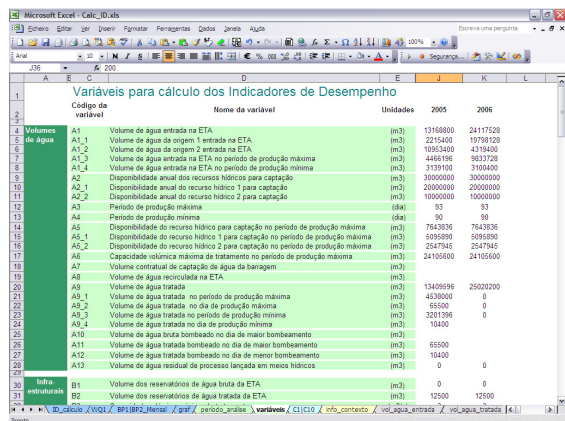
Botão de acesso ao cálculo pormenorizado do indicador

Resultados

Domínio de avaliação de desempenho	Código do indicador	Nome do indicador	Unidade	Expressão de cálculo	2005	2006
Qualidade da água tratada	WQ1	Conformidade dos resultados das análises	(%)	(Análises conformes com os critérios/Análises realizadas à água tratada)*100	98,54	99,93
	WQ2	Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros chave	(%)	(Análises dos parâmetros ferro, manganês, alumínio, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes conformes com os critérios/Análises dos parâmetros ferro, manganês, alumínio, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes realizadas)*100	97,55	99,93
	WQ3	Parâmetros analisados	(%)	(Parâmetros analisados/Parâmetros previstos na legislação)*100	145,10	149,02
	WQ4	Limpeza de reservatórios da ETA	(%/ano)	((Volume das células de reservatório de água tratada da ETA que foram limpas)/365*período em análise)/Volume dos reservatórios de água tratada da ETA)*100	100	0
	WQ5	Qualidade da água nos pontos de consumo com menor teor de cloro	(mg/L)	Média dos 10% (em relação ao n.º total de análises de cloro residual livre realizadas em toda a rede abastecida pela ETA) de valores mais baixos de cloro residual livre registados na rede	0,41	0,39
	WQ6	Qualidade da água nos pontos de consumo com maior teor de cloro	(mg/L)	Média dos 10% (em relação ao n.º total de análises de cloro residual livre realizadas em toda a rede abastecida pela ETA) de valores mais elevados de cloro residual livre registados na rede	1,13	0,98
	WQ7	Qualidade da água nos pontos de consumo com maior teor de THM	(µg/L)	Média dos 10% (em relação ao n.º total de análises de THM realizadas em toda a rede abastecida pela ETA) de valores mais elevados de THM registados na rede abastecida pela ETA	48,8	51,0
	WQ8	Qualidade da água nos pontos de consumo com valores mais elevados dos parâmetros microbiológicos	(n.º/100mL)	Média dos 10% (em relação ao n.º total de análises de parâmetros microbiológicos realizadas em toda a rede abastecida pela ETA) de valores mais elevados de parâmetros microbiológicos registados na rede abastecida pela ETA	0	0
Eficiência e fiabilidade da ETA	ER1	Utilização da origem de água	(%/ano)	((Volume de água entrada na ETA)/365*período em análise)/Disponibilidade anual do recurso hídrico para captação)*100	43,90	80,39
	ER1.1	Utilização de água da origem 1	(%/ano)	((Volume de água da origem 1 entrada na ETA)/365*período em análise)/Disponibilidade anual do recurso hídrico 1 para captação)*100	11,08	98,99

Folha de cálculo detalhado para o indicador WQ1

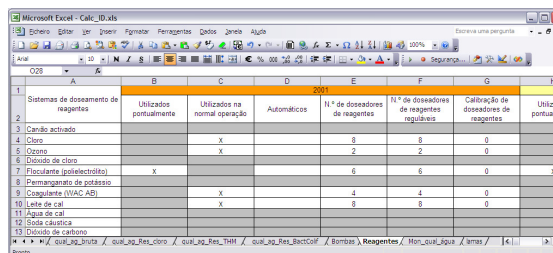
Figura 5 – Screenshot da folha de cálculo dos ID do módulo *Calc\_ID.xls*



**Variáveis para cálculo dos Indicadores de Desempenho**

Nome da variável	Unidades	2005	2006
A1	m <sup>3</sup>	13168800	24117528
A1_1	m <sup>3</sup>	2215400	19789128
A1_2	m <sup>3</sup>	10953400	4316600
A1_3	m <sup>3</sup>	4488196	9833728
A1_4	m <sup>3</sup>	3129100	2100400
A2	m <sup>3</sup>	30000000	30000000
A2_1	m <sup>3</sup>	20000000	20000000
A2_2	m <sup>3</sup>	10000000	10000000
A3	m <sup>3</sup>	93	93
A4	m <sup>3</sup>	90	90
A5	m <sup>3</sup>	7643936	7643936
A5_1	m <sup>3</sup>	5959590	5959590
A5_2	m <sup>3</sup>	2547945	2547945
A6	m <sup>3</sup>	24105600	24105600
A7	m <sup>3</sup>		
A8	m <sup>3</sup>		
A9	m <sup>3</sup>	13490596	25020200
A9_1	m <sup>3</sup>	4620600	0
A9_2	m <sup>3</sup>	65500	0
A9_3	m <sup>3</sup>	3201296	0
A9_4	m <sup>3</sup>	10400	0
A10	m <sup>3</sup>		
A11	m <sup>3</sup>		
A12	m <sup>3</sup>	65500	10400
A13	m <sup>3</sup>	0	0
B1	m <sup>3</sup>	0	0
B2	m <sup>3</sup>	12500	12500

a)



	Utilizados pretamente	Utilizados na normal operação	Automáticos	Nº de doses/doseadores de reagentes	Nº de doses/doseadores de reagentes reguláveis	Calibração de doseadores de reagentes	Utiliz. pontual
1							
2							
3							
4		x		8	8	0	
5			x	2	2	0	
6							
7	x			6	6	0	
8							
9		x		4	4	0	
10				8	8	0	
11							
12							
13							

b)

**Figura 6 – Screenshots das folhas de introdução dos dados das variáveis para o cálculo de indicadores de desempenho do módulo *Calc\_ID.xls***

Uma potencialidade deste módulo é a possibilidade do utilizador aceder a informação mais detalhada do cálculo de alguns indicadores de desempenho. É possível ter informação para: i) diferentes períodos temporais, como no caso do *BP1 – Quantidade de lamas produzidas*; ii) alturas de produção máxima e mínima da ETA, como no caso do *ER4 – Utilização da ETA* e iii) diferentes parâmetros de qualidade da água, como no caso do *WQ1 – Conformidade dos resultados das análises a parâmetros de qualidade de água tratada*.

### Módulo *Calc\_Qual\_Agua.xls*

O módulo *Calc\_Qual\_Agua.xls* avalia o desempenho operacional em termos de qualidade da água tratada. Esta avaliação baseia-se na aplicação de funções de desempenho às concentrações dos contaminantes químicos e microbiológicos eventualmente presentes na água à saída da ETA. Cada parâmetro de qualidade da água tem associada uma função de desempenho específica (na Figura 7 apresenta-se um exemplo). Este tipo de função 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. Este índice toma valores de 300 (situação em que o desempenho é excelente) 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 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 (situação em que se considera que há ausência de serviço).

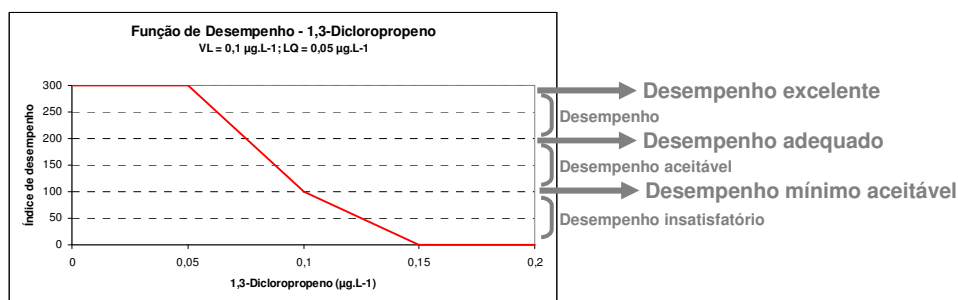




Figura 7 – Exemplo de função de desempenho (ADO/Qualidade da Água Tratada)

A ferramenta de cálculo engloba quatro fases para a avaliação de desempenho em termos de qualidade da água tratada, que são sequencialmente activadas pelo utilizador através de botões de acção (Figura 8):

**i) Importação de dados de qualidade de água tratada** – após selecção pelo utilizador do(s) parâmetro(s) de qualidade que pretende estudar e dos respectivos LQ e VL para construção das funções de desempenho (formulário da Figura 8), são importadas séries temporais de dados de qualidade da água tratada a partir do módulo *Input\_Qual\_Agua.xls* (existe também a opção de introdução directa desses dados no módulo de cálculo). De salientar que é dada a possibilidade ao utilizador de associar diferentes LQ e VL a diferentes períodos temporais para os quais deseja efectuar a avaliação de desempenho.

**ii) Construção da função de desempenho** – a função de desempenho específica para o parâmetro em estudo é construída e representada graficamente. Caso existam diferentes períodos temporais com diferentes LQ e VL associados, será construída uma função de desempenho para cada um dos períodos.

**iii) Cálculo do índice de desempenho e visualização de resultados** – o cálculo do índice de desempenho é feito para cada valor de qualidade da água tratada aplicando as funções de desempenho previamente determinadas e atendendo ao período temporal a que estas se referem. Os resultados são visualizados em quadro e através de representação gráfica do índice de desempenho em função do tempo. O módulo produz ainda um quadro-resumo que apresenta, para todos os parâmetros estudados, os valores máximo, médio e mínimo do índice de desempenho.

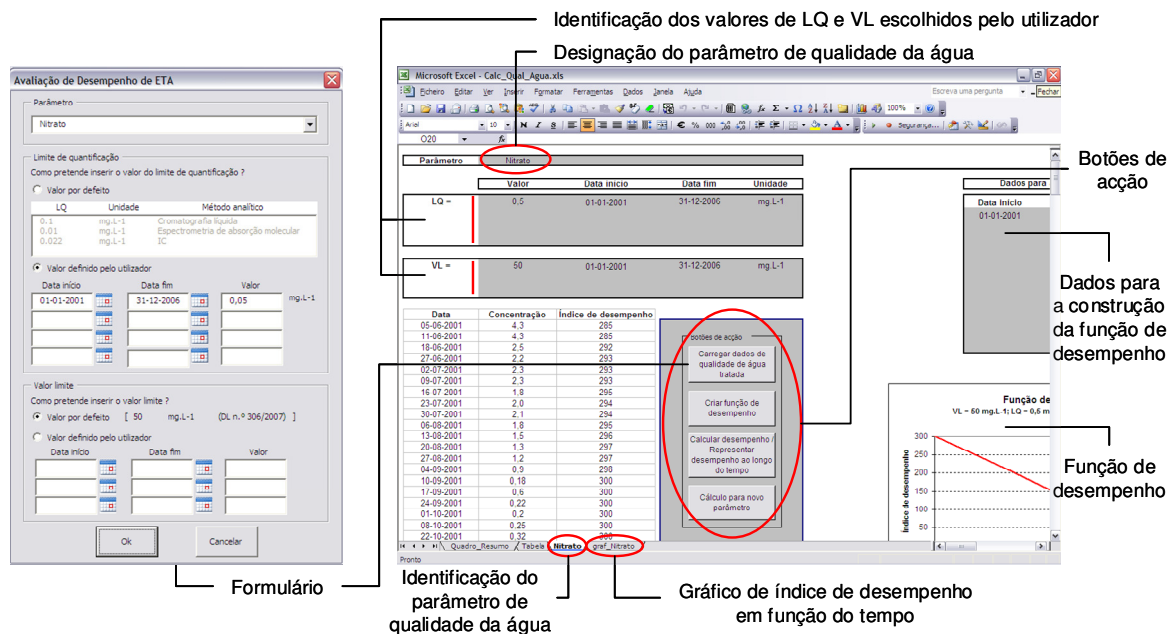


Figura 8 – Screenshot de uma folha de cálculo do módulo *Calc\_Qual\_Agua.xls* com evidência do formulário para selecção de critérios de avaliação pelo utilizador



Uma das principais características do módulo *Calc\_Qual\_Agua.xls* é a sua flexibilidade. Na escolha dos valores de LQ e VL para construção das funções de desempenho, o utilizador pode optar pelos valores por defeito existentes na base de dados da ferramenta ou pode introduzir outros valores correspondentes aos seus próprios critérios de avaliação. Como já referido, é também possível associar diferentes LQ e/ou VL a diferentes períodos temporais. O utilizador pode inserir e fazer a avaliação de desempenho relativamente a parâmetros não previstos inicialmente na ferramenta.

### Módulo *Calc\_Efic\_Trat.xls*

O módulo *Calc\_Efic\_Trat.xls* (Figura 9) calcula a avaliação de desempenho em termos de eficiência do tratamento, que também se baseia na aplicação de funções de desempenho, sendo a abordagem semelhante à atrás descrita para a qualidade da água tratada. O funcionamento deste módulo resume-se em três fases principais:

**i) Importação de dados de qualidade de água** – após indicação pelo utilizador do(s) parâmetro(s) de qualidade que pretende estudar, o módulo *Calc\_Efic\_Trat.xls* importa os dados de qualidade de água das diferentes fases do tratamento a partir do módulo *Input\_Qual\_Agua.xls*.

**ii) Cálculo de eficiências de remoção e visualização de resultados** – com base nos dados importados, são calculadas as eficiências de remoção em várias OPU ou conjunto de OPU. Neste momento, a ferramenta permite o cálculo das seguintes eficiências de remoção: global, da pré-oxidação, da C/F/D, da filtração rápida, da desinfecção, da C/F/D+filtração rápida, da C/F/D+filtração rápida+desinfecção, da pré-oxidação+C/F/D e da filtração rápida+desinfecção. Para visualizar os resultados, o utilizador pode gerar gráficos nos quais se representa a eficiência de remoção em função do tempo e a eficiência de remoção em função da qualidade da água afluente à OPU/conjunto de OPU em estudo (Figura 9).

**iii) Cálculo do índice de desempenho e visualização de resultados** – o cálculo do índice de desempenho é feito para cada valor de eficiência de tratamento aplicando funções de desempenho. Os resultados são visualizados na forma de tabela e de representação gráfica do índice de desempenho em função do tempo.

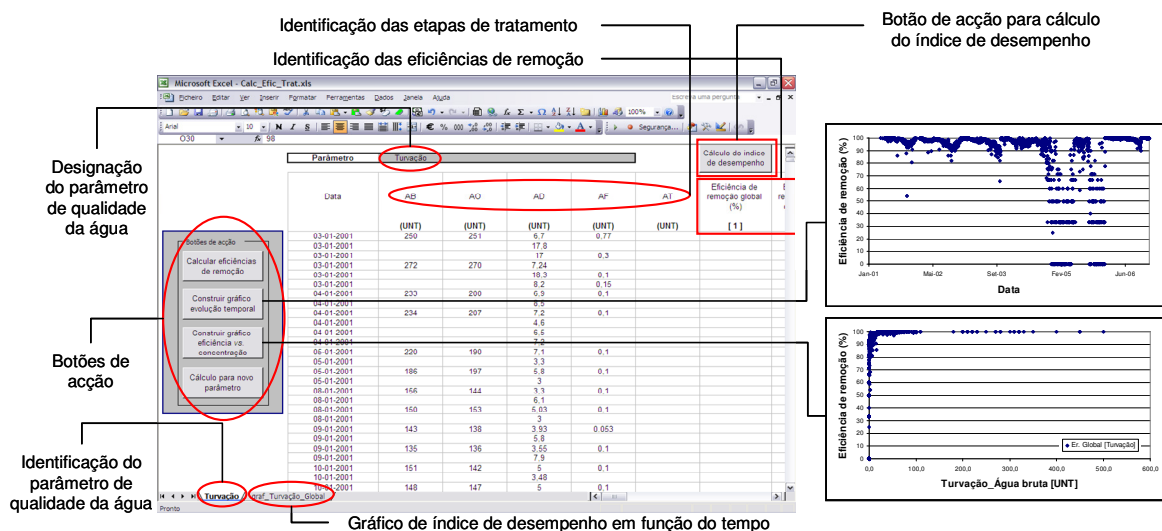


Figura 9 – Screenshots de uma folha de cálculo do módulo *Calc\_Efic\_Trat.xls* e de visualização de resultados

### Módulo *Calc\_Func\_Org.xls*

O módulo *Calc\_Func\_Org.xls* calcula a avaliação de desempenho em termos de funcionamento dos órgãos, baseada na aplicação de funções de desempenho aos parâmetros operacionais das diferentes OPU da ETA. Na Figura 10 apresenta-se um exemplo de função de desempenho utilizada nesta componente da avaliação.

O módulo encontra-se organizado por OPU e a avaliação de desempenho engloba as seguintes etapas (Figura 11):

**i) Importação de dados de operação** – após o utilizador indicar a OPU, os diferentes órgãos a ela associados e o parâmetro operacional que pretende estudar, a importação dos dados de operação é efectuada automaticamente a partir do módulo *Input\_Op.xls*. Podem ser estudadas as OPU atrás referidas no módulo *Input\_Op.xls*.

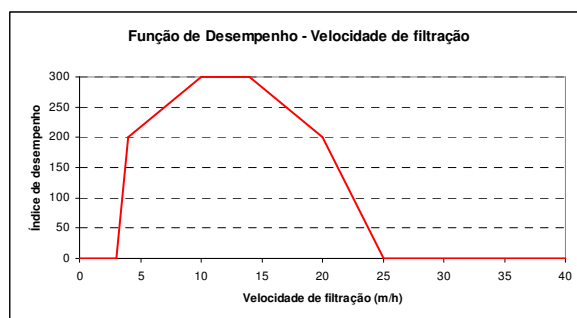


Figura 10 – Exemplo de função de desempenho (ADO/Funcionamento dos Órgãos)

**ii) Construção da função de desempenho** – a função de desempenho para o parâmetro operacional em estudo é construída mediante a definição pelo utilizador dos critérios de avaliação de desempenho. Podem ser usados valores por defeito existentes na base de dados da ferramenta (provenientes de bibliografia; permitem atingir, no máximo, índices de desempenho de 200) ou valores definidos pelo próprio utilizador. Estes valores resultam da experiência de operação e do histórico da ETA, incluindo, por exemplo, resultados de ensaios de optimização de condições de operação (e.g., *Jar* testes), e se verificados no período em análise permitem atingir índices de desempenho máximo de 300.

**iii) Cálculo do índice de desempenho e visualização de resultados** – o cálculo do índice de desempenho é feito para cada valor de cada parâmetro operacional, por aplicação das funções de desempenho definidas em ii). No caso de existirem várias funções de desempenho associadas a diferentes períodos temporais, o cálculo é efectuado com a função de desempenho correspondente à data do dado operacional. Os resultados são visualizados em quadro e através de representação gráfica do índice de desempenho em função do tempo. Tal como nos outros módulos, existe também um quadro-resumo com todos os parâmetros operacionais estudados.

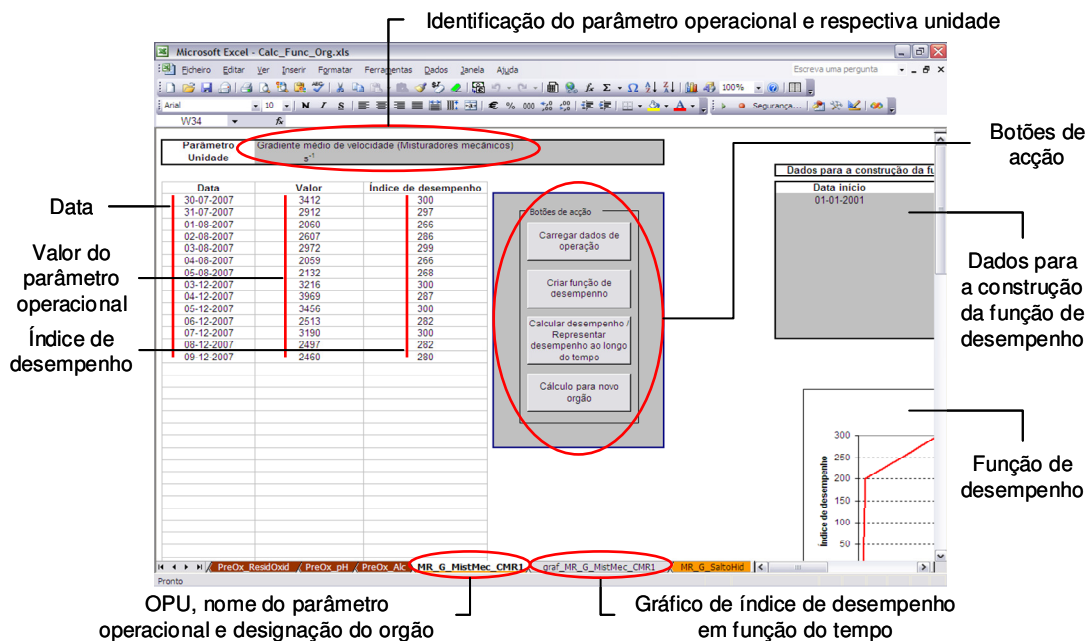
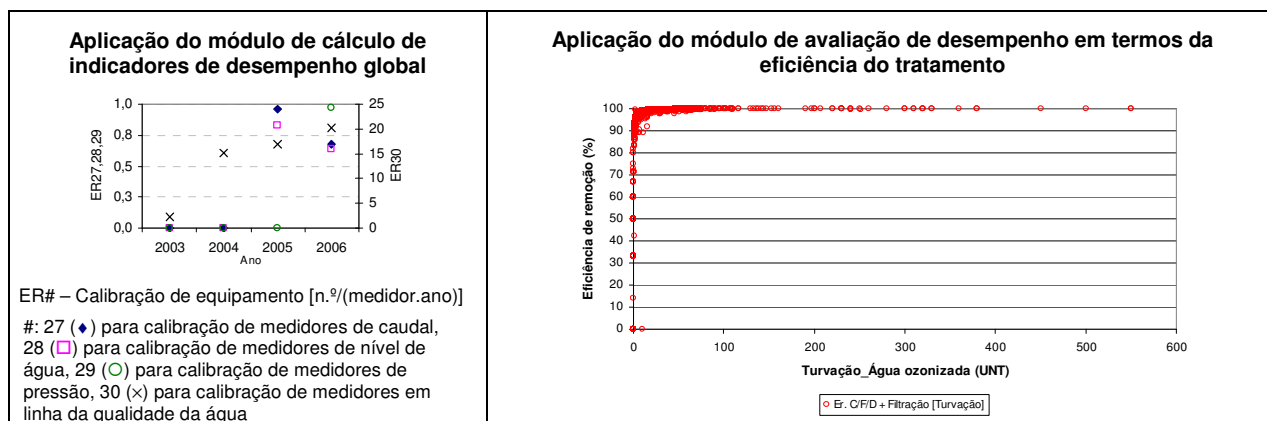


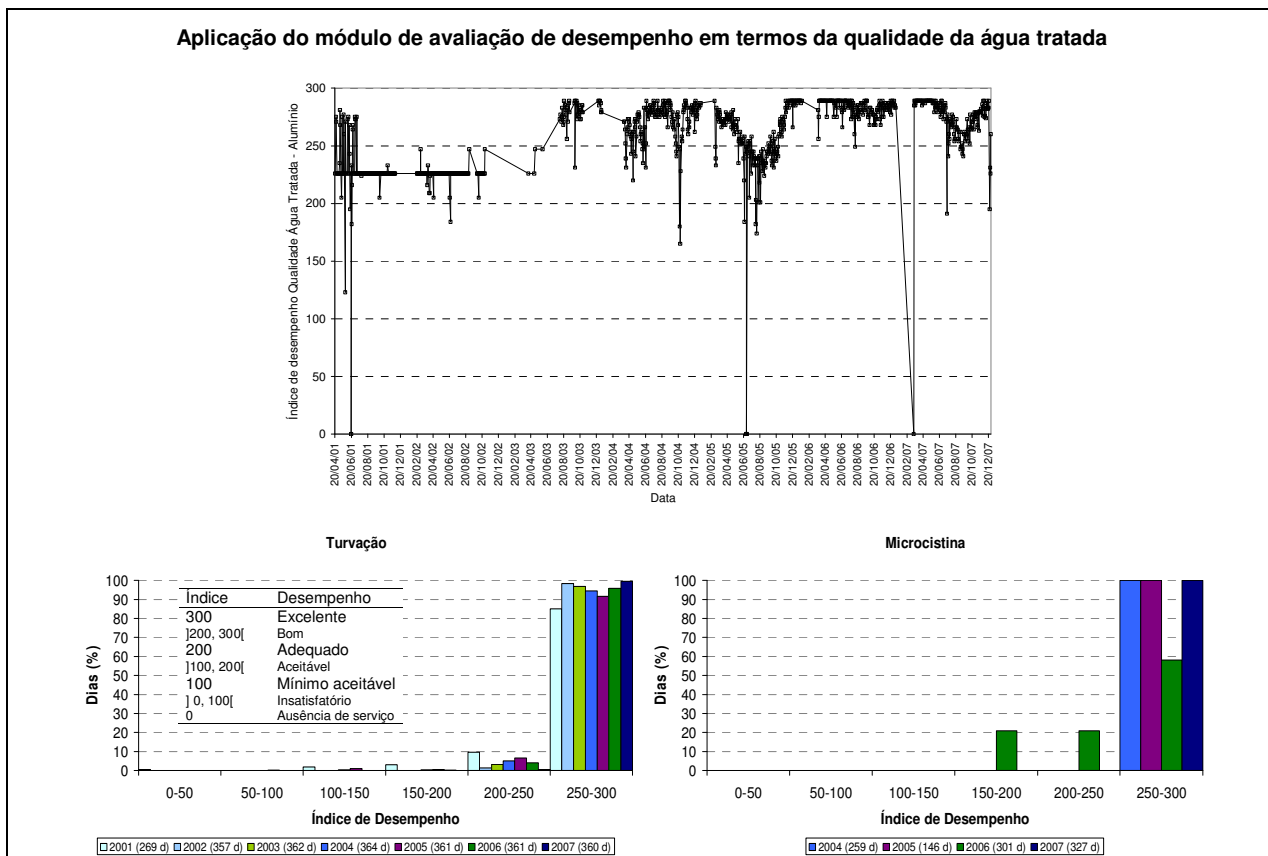
Figura 11 – Screenshot de uma folha de cálculo do módulo Calc\_Func\_Org.xls

#### 4. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO A CASOS DE ESTUDO

A ferramenta de cálculo automático apresentada na secção 3 foi já utilizada na aplicação do sistema de avaliação de ETA a alguns casos de estudo.

A ADG foi já aplicada a quatro casos de estudo, que são as ETA da Águas do Algarve, S.A.: ETA de Alcantarilha, ETA de Tavira, ETA de Fontainhas e ETA de Beliche. Cerca de 60% do total de indicadores previstos na ADG foram determinados para estas estações, para os anos de 2001 a 2006. Foram avaliados seis domínios de avaliação. Os resultados são apresentados em pormenor noutra comunicação a este ENaSB (Vieira *et al.*, 2008c), podendo ver-se na Figura 12 alguns exemplos.





**Figura 12** – Exemplos de resultados da aplicação da ferramenta de cálculo *PAS\_WTP* a casos de estudo

A ADO está actualmente a ser aplicada nos mesmos quatro casos de estudo e para o mesmo período. Os resultados obtidos até ao momento são objecto de outra comunicação a este ENaSB (Vieira *et al.*, 2008b), apresentando-se também na Figura 12 alguns exemplos dos *outputs* gerados pela ferramenta.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se neste texto uma ferramenta de cálculo automático para apoio à avaliação de desempenho de ETA, que se torna indispensável caso esta avaliação seja feita de modo intensivo.

A aplicação desta ferramenta a quatro ETA permitiu salientar os seguintes aspectos:

- facilidade de utilização, quer em termos da ferramenta em si, quer em termos da informação de base necessária, uma vez que esta corresponde aos dados usualmente recolhidos na rotina de operação de uma ETA;
- flexibilidade, uma vez que o utilizador pode:
  - escolher de entre o conjunto de parâmetros para avaliação de desempenho disponíveis na ferramenta quais os que pretende estudar (não necessita, portanto, de avaliar o desempenho sob todos os pontos de vista)
  - definir os seus próprios critérios de avaliação de desempenho, podendo, por exemplo, escolher os parâmetros para construir as funções de desempenho;



- incluir novos parâmetros para avaliação de desempenho que não estejam já previstos na ferramenta, mas que sejam relevantes para o seu caso particular.
- facilidade de importação/exportação de dados de/para outros ficheiros Excel;
- apresentação clara de resultados em diversos formatos (*e.g.*, quadros com séries temporais, gráficos com evolução temporal do índice de desempenho, quadros-resumo que sintetizam a informação de cada ano analisado);
- facilidade de manipulação e tratamento posterior dos resultados (por exemplo, os gráficos gerados podem ser facilmente formatados e alterados de acordo com as especificações do utilizador).
- facilidade de instalação em qualquer computador;
- aplicabilidade a ETA que possuem uma sequência de tratamento convencional;

A ferramenta de cálculo encontra-se ainda em fase de desenvolvimento, tendo sido apenas descritas as suas potencialidades actuais. No futuro, e na sequência da sua aplicação e validação em outros casos de estudo, ela poderá ser refinada de modo a incorporar novas funcionalidades, nomeadamente a inclusão de outros processos e operações unitárias de tratamento.

## BIBLIOGRAFIA

- 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*. London (Inglaterra), IWA Publishing, 289 pp.
- ISO/DIS24512 (2007). *Service activities relating to drinking water and wastewater - Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services*, 46 pp.
- Silva, C. (2008). *Aplicação de medidas de avaliação de desempenho a estações de tratamento de água da Águas do Algarve*. Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Especialidade Tecnologias Ambientais, FCMA/UALG, Faro (Portugal), 163 pp.
- 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). “Metodologia para avaliação de desempenho operacional de ETA”, in *Anais do 13.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Covilhã (Portugal), 14-17 Outubro, 15 pp.