

**Verónica Gonçalves Rodrigues**

*Avaliação de Desempenho do Tratamento de Água, com  
a utilização da Ferramenta PASTool e dados das ETA de  
Tavira e do Beliche*



**Universidade do Algarve**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

**2017**

**Verónica Gonçalves Rodrigues**

***Avaliação de Desempenho do Tratamento de Água, com  
a utilização da Ferramenta PASTool e dados das ETA de  
Tavira e de Beliche***

**Dissertação para Mestrado Integrado em Engenharia do  
Ambiente**

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Universidade do Algarve: Doutora Margarida Ribau Teixeira

Águas do Algarve S.A.: Engenheira Helena Lucas



**Universidade do Algarve**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

**2017**

*Avaliação de Desempenho do Tratamento de Água, com  
a utilização da Ferramenta PASTool e dados das ETA de  
Tavira e do Beliche*

**DECLARAÇÃO DE AUTORIA DE TRABALHO**

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

---

Verónica Gonçalves Rodrigues

**Copyright©2017 Verónica Rodrigues** – A *Universidade do Algarve* tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## Agradecimentos

Desejo manifestar o meu sincero reconhecimento à Doutora Margarida Ribau Teixeira e à Engenheira Helena Lucas, minha orientadora científicas pelo apoio e esforço, informação, sugestões e disponibilidade que sempre demonstraram ao longo da realização desta dissertação.

Agradeço à Engenheira Ana Pina por todo acompanhamento prestado ao longo do percurso da tese, da sua disponibilidade para me ensinar a trabalhar com a ferramenta *PASTool*, das suas sugestões e conselhos.

À direção do curso e docentes que me acompanharam ao longo do meu percurso no curso, pela disponibilidade e pela partilha de conhecimentos que contribuíram para a minha formação.

Aos meus familiares por tudo o apoio demonstrando ao longo deste período, aos meus pais por me apoiarem ao longo de todos estes anos no decorrer no curso, por me ajudarem financeiramente para a concretização dos meus estudos e outro agradecimento especial aos primos Ivone Gonçalves e Ricardo Paulino por estarem sempre presentes nas piores alturas, por sempre me ouvirem e por me aconselharem da melhor forma.

Aos meus amigos, Gisela Barreiro, Nuno Velho, Samuel Cruz, Helena Horta, Cátia Soares, António Góis, Mónica Ferreira, Adriana Pires, João Viegas, João Palma, Luís Rafael, Sofia Jesus, Bruno Pinto e Carolina Almeida por todo o apoio que me deram ao longo deste percurso, pelos conselhos, palavras de apoio, pela motivação, por não me terem deixado desistir quando tudo parecia mais difícil.

Ao grupo que pertenço, Jovens Sem Fronteiras, que desde sempre demonstraram a sua compreensão pela minha ausência neste período e que me sempre apoiaram em fases menos boas, sempre com uma palavra de motivação e de força.

À Real Tuna Infantina pela compreensão da minha ausência, por ser um escape para relaxar um pouco nos dias mais complicados, especialmente ao meu padrinho Bernardo Salvado por todas as conversas que tivemos, por ouvir todos os meus medos e receios e por ter sempre a palavra certo para o momento.

E a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para alcançar mais este objetivo, o meu sincero obrigada.

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo a avaliação de desempenho de tratamento de água, com a utilização da ferramenta *PASool* e dados das Estações de Tratamento (ETA) da empresa Águas do Algarve, S.A., designadamente das ETA de Tavira e de Beliche relativamente ao seu desempenho para o período de 2011 a 2015 e posteriormente comparado com resultados do período de 2006 a 2009. Com este trabalho pretendeu-se ainda verificar se a ferramenta *PASool* está apta para ser utilizada, pela Águas do Algarve S.A..

Para avaliar as ETA no período referido foi selecionado um conjunto de 16 indicadores, com o apoio da Águas do Algarve S.A., tendo-se avaliado as ETA em relação à componente de avaliação de desempenho global. Desta forma, trabalhou-se em dois módulos da ferramenta, o *Input\_Water* e o *Calc\_PI* e através destes calcularam-se os indicadores selecionados.

Ao longo do período estudado, verificou-se que não foi possível calcular todos os indicadores selecionados, devido à falta de dados e à forma como os reagentes foram caracterizados. Os resultados indicam que houve melhorias para os indicadores tRU03, tRU06, tBP01.1, tFi06.1 e tFi07.1 e que os tWQ01, tWQ02 e tWQ05 se mantiveram constantes.

Na comparação de resultados entre os dois períodos verifica-se que na ETA de Tavira houve uma melhoria já que 2011 e 2015 houve mais indicadores a terem melhores resultados em relação a 2006 e 2009. Na ETA de Beliche os resultados dos indicadores tER41, tRU04, tRU06, tBP01.1, tPe01 e tFi06.1 foram piores no período de 2011 a 2015.

Em relação à utilização da ferramenta *PASool*, conclui-se que a mesma precisa de melhorias, para que esteja apta para uma utilização permanente pela entidade gestora, visto que foram detetados erros e dificuldades na sua utilização.

**Palavras Chave:** Estação de tratamento de água (ETA), Ferramenta, Indicadores de desempenho, *PASool*, Sistema de avaliação de desempenho (PAS).

## ABSTRACT

This study aims the evaluation of the water treatment performance using the *PAStool* and the data of the Water Treatment Plants (WTP) from Águas do Algarve SA, namely Tavira and Beliche WTP. The studied period was 2011 to 2015 and then results were compared with the results from 2006 to 2009. This work also aims evaluate if the *PAStool* tool is apt to be used by Águas do Algarve SA.

A set of 16 indicators was selected to evaluate the WTP performance in the desired period, with the support of Águas do Algarve SA. The WTP were evaluated in component overall performance evaluation. Two modules of the tool were used, Input\_Water and Calc\_PI, to calculate the selected indicators.

During the analysed period, it was not possible to calculate some of the selected indicators due to the lack of data and the way the reagents were characterized. The results indicate that there were improvements for tRU03 (0.55-0.45 KWh / m<sup>3</sup>), tRU06, tBP01.1 (77-47 g / m<sup>3</sup>), tFi06.1 (0.03-0.02 euro / m<sup>3</sup>) and tFi07.1 (> 0.001 euro / m<sup>3</sup>) and that tWQ01 (99.8-100%), tWQ02 (99.5% -100%) and tWQ05 (180-120%) remained constant during the period of the study, in both ETA's.

Comparing the results from the two analysed periods, Tavira WTP showed an increase in the results from 2011 to 2015, since more indicators presented better results compared to 2006 to 2009. In Beliche's ETA the results of the indicators tER41, tRU04, tRU06, tBP01.1, tPe01 and tFi06.1 were worse in the period from 2011 to 2015.

This works also demonstrates that *PAStool* tool, needs to be improved, to be suitable for permanent use by the management entity, since errors and difficulties in its use have been detected.

**Key words:** Water treatment station, tool, performance indicators, *PAStool*, Performance evaluation system (PAS).

## **Abreviaturas**

AdA – Águas do Algarve

ADB – Asian Development Bank

ADERASA – Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Americas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AWWA – American Water Works Association

AWWARF – American Water Works Association Research Foundation

EG – Entidades Gestoras

ER – Entidades Reguladoras

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estações de Tratamento de Águas Residuais

IBNET – International Benchmarking NetWork for Water and Sanitation Utilities

IRAR- Instituto Regulador de Águas e Resíduos

IWA – International Water Association

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

OFWAT – Office of Water Services

ONG – Organização Não Governamental

PAS – Sistema de Avaliação de Desempenho

SAAWU – South Africa Association of Water Utilities

Vewin - Vereniging van watererdrijven in Nederland

WEF – Water Environment Federation

WSAA – Water Association of Australia

WUP – Water Utility Partnership

# Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos .....	3
1.3	Estrutura da dissertação .....	4
2	Revisão do Estado da Arte.....	5
2.1	Avaliação de desempenho .....	5
2.1.1	Importância de Sistemas de avaliação de desempenho/ indicadores de desempenho.....	5
2.1.2	Indicadores de desempenho .....	8
2.1.3	Domínios de avaliação.....	10
2.2	Tipos de Benchmarking .....	11
2.3	Sistemas já existentes .....	12
2.3.1	Sistema Australiano – Water Association of Australia (WSAA).....	12
2.3.2	Sistema da Associação de Reguladores de Água e Saneamento das Américas (ADERASA).....	14
2.3.3	Sistema IBNET.....	16
2.3.4	Sistema da International Water Association (IWA).....	18
2.3.5	Sistema do Office of Water Services (OFWAT) .....	19
2.3.6	Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) na Índia .....	21
2.4	Sistema de avaliação de desempenho para ETA.....	23
2.4.1	Enquadramento.....	23
2.4.2	Estrutura e características do sistema de avaliação de desempenho .....	24
2.4.2.1	Sistema de indicadores de avaliação de desempenho global de ETA.....	26
2.4.2.2	Avaliação de desempenho operacional de ETA .....	29
3	Metodologia .....	31
3.1	Ferramenta de cálculo automático <i>PAStool</i> .....	31
3.1.1	Primeira geração da ferramenta de cálculo automático <i>PAStool</i> .....	31
3.1.2	Segunda geração da ferramenta de cálculo automático <i>PAStool</i> .....	34
3.2	Escolha e caracterização dos indicadores.....	38
3.2.1	Seleção de indicadores.....	38
3.2.2	Indicadores de desempenho selecionados .....	40
3.2.2.1	tWQ01 – Conformidade dos resultados das análises .....	40
3.2.2.2	tWQ02 - Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave	41
3.2.2.3	tWQ05 – Qualidade da água tratada em cloro residual mínimo no(s) ponto(s) de entrega/consumo.....	41

3.2.2.4	tWQ07 – Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo ..	41
3.2.2.5	tER34 – Calibração de doseadores de reagentes .....	42
3.2.2.6	tER41 – Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (> 30 minutos).....	42
3.2.2.7	tER48 – Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes 43	
3.2.2.8	tRU03 – Consumo de energia.....	43
3.2.2.9	tRU04 – Consumo de oxidantes .....	43
3.2.2.10	tRU05 – Consumo de ácidos e bases.....	43
3.2.2.11	tRU06 – Consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes .....	44
3.2.2.12	tRU07 – Reposição/substituição de meios de enchimento .....	44
3.2.2.13	tBP01 – Produção de lamas.....	44
3.2.2.14	tPe01 – Pessoal afeto ao tratamento.....	45
3.2.2.15	tFi06 – Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento .....	45
3.2.2.16	tFi07– Gastos com deposição/valorização de subprodutos .....	45
3.3	Caracterização dos Casos de Estudo .....	46
3.3.1	A instituição Águas do Algarve S.A. ....	46
3.3.2	ETA de Tavira.....	47
3.3.3	ETA de Beliche .....	48
3.3.4	Descrição e objetivo das operações e processos unitários do tratamento das ETA 49	
3.4	Definição do período de análise.....	51
4	Análise e Discussão dos Resultados .....	52
4.1	Qualidade da água tratada.....	52
4.2	Eficiência e fiabilidade.....	57
4.3	Utilização da água, energia e materiais .....	60
4.4	Gestão de Subprodutos.....	68
4.5	Recursos humanos .....	69
4.6	Recursos económico-financeiros .....	71
5	Comparação entre o período estudo (2011-2015) e o período anterior (2006-2009) .....	74
6	Conclusões e limitações do estudo .....	81
7	Bibliografia .....	84
Anexo 1	.....	89
Anexo 2	.....	99
Anexo 3	.....	102
Anexo 4	.....	106

## Índice de figuras

Figura 2.1-Domínios de avaliação de Desempenho de uma ETA (Por Vieira, 2009 pág. 17)....	24
Figura 2.2- Fichas de caracterização dos indicadores de desempenho (Rosa et al, 2011).....	28
Figura 3.1- Estrutura da ferramenta de cálculo automático <i>PAStool_WTP</i> para avaliação de desempenho para ETA (1ª geração) (Vieira et al., 2009).....	32
Figura 3.2-Screenshot do módulo Calc_PI.xls (Vieira et al., 2009).....	33
Figura 3.3- Screenshot do módulo Calc_Wat_Q.xls (Vieira et al., 2009). ....	34
Figura 3.4 - Estrutura da ferramenta de cálculo automático <i>PAStool</i> para o sistema de avaliação de desempenho para ETA (2ª geração) (Rosa et al., 2010). ....	35
Figura 3.5 - Screenshots do módulo de introdução de dados de qualidade da água Input_Water_Q.xlsm do <i>PAStool_WTP</i> (Rosa, 2010).....	36
Figura 3.6 - Screenshots do módulo de introdução de dados de operação Input_wWater_Op.xlsm do <i>PAStool_WWTP</i> (Rosa et al., 2010).....	37
Figura 3.7 - Estrutura do módulo de cálculo dos indicadores de desempenho globais Calc_WtID.xlsm (Rosa et al., 2010) .....	37
Figura 3.8 - Estrutura do módulo de cálculo dos indicadores de desempenho globais Calc_WtID.xlsm (Rosa et al., 2010) .....	48
Figura 3.9 - Esquema de tratamento da ETA de Beliche (Silva, 2007). ....	49
Figura 4.1 - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Tavira a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2011 a 2015. ....	52
Figura 4.2 - - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Beliche a) conformidade dos resultados das análises e b) conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros chave. ....	54
Figura 4.3-Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega, relativa à ETA de Tavira a) cloro residual mínimo e b) THM máximo, para o período de 2011 a 2015..	55
Figura 4.4 -Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega relativos à ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015, a) cloro residual mínimo e b) de THM máximo.....	56
Figura 4.5 - Resultados da ETA de Tavira relativos a: a) tER34- calibração de doseadores de reagentes, b) tER41- interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min), c) tER48- interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes, para o período de 2011 a 2015.....	57
Figura 4.6 - Resultados para a ETA de Beliche relativos a: a) tER34- calibração de doseadores de reagentes, b) tER41- interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min), c) tER48- interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes, para o período de 2011 a 2015. ....	58
Figura 4.7 - Resultados para o consumo de energia por quantidade de água tratada, na ETA de Tavira, para o período 2011 a 2015.....	60
Figura 4.8 - Resultados para o consumo de energia por quantidade de água tratada, na ETA de Beliche, para o período 2011 a 2015.....	61
Figura 4.9 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Tavira, no período de 2011a 2015. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b -cloro.....	62
Figura 4.10 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Beliche, no período de 2011 a 2015. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b -cloro.....	63
Figura 4.11- Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes na ETA de Tavira no período de 2011 a 2015: a) tRU06.0a-coagulante de alumínio, tRU06.0d – dióxido de carbono, tRU06.0e – hidróxido de cálcio. b) tRU06.0d - carvão ativado, tRU06.0c -azoto. c) tRU06.0g-polieletrólito. ....	64

Figura 4.12 - Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes para a ETA de Beliche no período de 2011 a 2015. a) tRU06.0a – coagulante de alumínio, tRU06.0d – dióxido de carbono, b) tRU06.0e – hidróxido de cálcio e tRU06.0h – hidróxido de sódio. c) tRU06.0c – azoto, tRU06.0f – carvão ativado e tRU06.0g– polieletrólito. ....	66
Figura 4.13- Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015. ....	68
Figura 4.14- Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015.....	69
Figura 4.15 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015. ....	69
Figura 4.16 -Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015. ....	70
Figura 4.17 – Resultados dos indicadores referentes aos Gastos com a aquisição de reagentes em função da água tratada (tFi06.1) para a ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015.....	71
Figura 1- Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Tavira, a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2006 a 2009. ....	107
Figura 2 - Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega relativo ao teor máximo de THM, para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009.....	107
Figura 3 - Resultados para a ETA de Tavira, da calibração de doseadores de reagentes a), interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min) b) e interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagente c), para o período de 2006 a 2009. ....	108
Figura 4 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Tavira, no período de 2006 a 2009. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b -cloro. ....	108
Figura 5 - Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes para a ETA de Tavira no período de 2006 a 2009.....	109
Figura 6 - Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009. ....	109
Figura 7 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009. ....	109
Figura 8 – Resultados do indicador relativo ao gasto com a aquisição de reagentes em função da água tratada (tFi06.1) para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009. ....	110
Figura 9 - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Beliche a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2006 a 2009. ....	110
Figura 10 - Resultados para a ETA de Beliche, da calibração de doseadores de reagentes a), interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min) b) e interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes c), para o período de 2006 a 2009. ....	111
Figura 11 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Beliche, no período de 2006 a 2009. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b -cloro.....	111
Figura 12 -Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes para a ETA de Beliche no período de 2006 a 2009. ....	111
Figura 13 - Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Beliche, para o período de 2006 a 2009. ....	112
Figura 14 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Beliche, para o período de 2006 a 2009. ....	112
Figura 15 - Resultados do indicador sobre os gastos com a aquisição de reagentes em função da água tratada, para a ETA de Beliche, no período de 2006 a 2009. ....	112

## Índice de quadros

Quadro 2.1- Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho WSAA (WSSAA & NWC, 2007).....	13
Quadro 2.2 -Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho ADERESA (ADERASA,2007). ....	15
Quadro 2.3 - Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho do IBNET (IBNET, 2015). ....	16
Quadro 2.4 - Lista de indicadores do Sistema de Avaliação de desempenho da IWA (Alegre et al., 2004; Alegre et al., 2006).....	19
Quadro 2.5 - Lista do Sistema de Avaliação de Desempenho (OFWAT, 2004).....	20
Quadro 2.6 - Lista de indicadores do OFWAT para o ano 2010 a 2015 (OFWAT, 2012) .....	20
Quadro 2.7 - Lista de indicadores para o Sistema de Avaliação aplicado na Índia (CEPT University, 2010).....	23
Quadro 2.8- Domínios da avaliação de desempenho global de ETA para consumo humano (Rosa et. al, 2010) .....	25
Quadro 2.9 - Lista de Indicadores do Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) para ETA (Rosa et al., 2011). ....	26
Quadro 3.10 - Descrição e objetivo das OPU do tratamento convencional das ETA da AdA....	49
Quadro 5.1 – Comparação de resultados dos indicadores entre o período de estudo (2011-2015) e período anterior (2006-2009), na ETA de Tavira.....	74
Quadro 5.2 - Comparação de resultados dos indicadores entre o período de estudo (2011-2015) e o período anterior (2006-2009) nas ETA de Beliche. ....	77

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

A água é um recurso natural e um bem ambiental indispensável para as necessidades básicas e para o desenvolvimento de atividades humanas, tendo uma influência decisiva na qualidade de vida das populações e na manutenção de ecossistemas. É, pois, um recurso de grande importância (Comissão Europeia, 2002).

O acesso seguro à água potável é essencial para a saúde e um direito humano básico (Davidhizar et al, 2004). A água pode ser, também, transmissora de doenças, sendo que algumas podem ser mortais, caso esta seja consumida sem qualquer tipo de tratamento (APA, 2008). É importante, na atualidade, que a água chegue às populações tratada e com qualidade para ser consumida.

Em países desenvolvidos, a água para consumo humano é objeto de enorme preocupação das entidades nacionais (Martins, 2014). Com aumento das preocupações em torno da saúde pública foi necessário criar mecanismos e ferramentas que garantam água de consumo humano de elevada qualidade sem pôr em causa a saúde pública (Martins, 2014). Com o incremento das exigências ao nível da qualidade da água, as entidades reguladoras (ER) colocam enorme pressão sobre todas as entidades gestoras (EG) responsáveis pelo abastecimento público, recaindo sobre estas a responsabilidade de otimizar a gestão deste recurso e de assegurar o cumprimento das exigências legais, aumentando o grau de satisfação dos consumidores (Martins, 2014).

Em Portugal existe uma grande preocupação com a qualidade da água que é distribuída à população, por isso, o país, está equipado com estações de tratamentos de águas (ETA) de norte a sul. Estas estações são compostas por vários processos de tratamento adequados à água que pretendem tratar (AdA, 2009; Águas de Portugal, 2015). Para ajudar as EG, existe regulamentação para o tratamento de água para consumo humano, nomeadamente: o Decreto-Lei nº 306/07 de 27 de agosto de 2007 e a recomendação ERSAR nº 2/ 2011. As ETA devem estar ainda adequadas à quantidade de água que tratam em função da população que servem.

No verão, Portugal tem uma grande pressão turística, principalmente no Algarve, aumentando, em grande, o número de habitantes da região (Turismo de Portugal, 2014). Este aumento significativo de população não pode interferir com o abastecimento da

quantidade e qualidade de água às populações, como tal, as ETA devem estar dimensionadas e equipadas de forma a que possam garantir uma água com qualidade, tanto no inverno como no verão.

Tradicionalmente, a preocupação principal na exploração de sistemas de abastecimento de água era proporcionar ao consumidor um serviço com a qualidade e quantidade adequadas. Hoje em dia, esta é uma atividade de grande complexidade, sendo, por isso, necessário complementar esta abordagem tradicional com a procura contínua de maior eficiência e de eficácia no serviço prestado aos utilizadores (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006). Para o efeito, têm surgido iniciativas no estudo da avaliação do desempenho dos sistemas de abastecimento de água. Estas iniciativas estão, no entanto, principalmente direcionadas para a avaliação de desempenho na perspetiva de gestão dos sistemas (Yepes e Dianderas, 1996; Malntosh, 1997; Crotty, 2004; Alegre *et al.*, 2004; Stahre e Adamsson, 2004; OFWAT, 2005; World Bank, 2006; WSAA *et al.*, 2006; Alegre *et al.*, 2006). Alegre (1992) e Coelho (1997) direcionaram o seu estudo para a avaliação do desempenho técnico, mas, ainda assim, não abrangendo especificamente os sistemas de tratamento de água para consumo humano (Silva, 2007).

Em Portugal, surgiu há cerca de uma década, o Sistema de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR (LNEC, 2009), sendo que o presente trabalho apenas se foca no estudo da Avaliação de Desempenho para ETA.

O Núcleo de Engenharia Sanitária do Departamento de Hidráulica e Ambiente do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), coordenou a iniciativa nacional *PASt21*, que teve como objetivo a aplicação de um Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) estudado e desenvolvido no âmbito das teses de Mestrado pela Engenheira Catarina Silva no ano 2007 e Doutoramento pela a Engenheira Paula Vieira no ano 2009 (LNEC, 2009).

Este sistema é conduzido por objetivos, normalizados e quantitativos, que se destinam a apoiar a tomada de decisão, cobrindo os domínios qualidade da água tratada, eficiência/fiabilidade, utilização de água, energia e materiais, gestão de subprodutos, segurança, recursos humanos e económicos financeiros (Vieira, 2009).

No Sistema de Avaliação de Desempenho existem duas componentes de avaliação: a componente para avaliação do desempenho global e a componente para avaliação do desempenho operacional. A primeira é baseada por indicadores de desempenho, enquanto

que a segunda componente é baseada em índices de desempenho, que avaliam, numa escala de 0-300, a qualidade da água tratada, eficiências das várias operações/processos unitários e a sua relação com as condições de operação (Vieira, 2009).

## **1.2 Objetivos**

Este trabalho tem por objetivo a avaliação de desempenho do tratamento de água, com a utilização da ferramenta *PAStool* e dados das ETA de Águas do Algarve S.A..

A Águas dos Algarve S.A. foi uma das entidades que participou na Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR (Estação de tratamento de águas residuais) urbanas «PAST21» para avaliar o funcionamento das suas ETA utilizando a ferramenta *PAStool*.

Este sistema é regido por objetivos, normalizados e quantitativos, direcionado para os aspetos operacionais, e destinados a apoiar as tomadas de decisão no âmbito da operação e da reabilitação das instalações de tratamento de água.

A ferramenta foi utilizada pela Empresa Águas do Algarve, em, 2007, testada por (Silva, 2007) e em testada por (Vieira, 2009). Hoje a Águas do Algarve tem a intenção de voltar a utilizar a *PAStool* na avaliação das suas ETA.

Deste modo, os objetivos específicos desta dissertação são:

1º selecionar um conjunto chave de indicadores de desempenho, que irão ser aplicados às ETA de Tavira e Beliche para avaliar o funcionamento das mesmas, durante um período de 2011 a 2015, usando novamente a ferramenta *PAStool*;

2º verificar se a ferramenta em questão está apta a ser utilizada;

3º comparar os resultados do período a ser estudado, 2011 a 2015, com resultados do período anterior, 2006 a 2009.

Com a aplicação da *PAStool* pretende-se, portanto, contribuir para a melhoria contínua do funcionamento das ETA, Tavira e Beliche, em termos de eficácia e eficiência.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

O presente trabalho está estruturado em sete capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados, Discussão de Resultados, Conclusão e Referências Bibliográficas.

No capítulo 2 é apresentada a Revisão do Estado da Arte, focando-se na definição de avaliação de desempenho, no benchmarking, principais sistemas de avaliação de desempenho utilizados por todo o mundo e a sua estruturação, no sistema de avaliação de desempenho (PAS) para ETA, que irá ser aplicado às ETA em estudo.

A metodologia de trabalhos é exposta no capítulo 3. Na seção 3.1 são apresentadas as duas gerações da Ferramenta *PAStool*, que irá ser utilizada neste trabalho e, também, a forma como funciona e está estruturada. Na seção 3.2 são apresentados os indicadores de desempenho que foram selecionados para a realização deste estudo, juntamente com o objetivo de cada indicador e a justificação da escolha de cada um. Na seção 3.3 faz-se a caracterização do estudo de caso, onde é feita a caracterização da instituição Águas do Algarve S.A., das ETA de Tavira e Beliche e por fim a definição do período de análise.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos da aplicação da *PAStool* nas ETA de Tavira e do Beliche e a interpretação e discussão dos mesmos. No capítulo 5 encontra-se a comparação entre o período de estudo (2011 a 2015) e o período anteriormente estudado pela Águas do Algarve S.A. (2006 a 2009), para as mesmas ETA. No capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões e as limitações do trabalho e no capítulo 7 são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração da dissertação.

## **2 Revisão do Estado da Arte**

### **2.1 Avaliação de desempenho**

A avaliação de desempenho não deve ser entendida como um instrumento de controlo, mas sim como um meio de obter um conhecimento mais eficaz do desempenho, de forma objetiva e rigorosa, proporcionando a melhoria contínua do seu desempenho. Desta forma, a avaliação de desempenho não é um fim em si mesma, é apenas uma ferramenta que tem como objetivo melhorar os resultados da organização (Pereira, 2009). Assim, este processo deve ser encarado como um acompanhamento contínuo, onde dar e receber *feedback* (realimentação) constitui o essencial do percurso (Pereira, 2009).

Apesar da importância dos estudos de avaliação de desempenho em diversas entidades, a utilização da avaliação de desempenho no sector da água não constitui uma prática generalizada (Crotty, 2004).

#### **2.1.1 Importância de Sistemas de avaliação de desempenho/ indicadores de desempenho**

Os modelos de avaliação de desempenho fazem numa primeira fase a regulação estrutural do sector, contribuindo para a sua melhor organização e para clarificação das regras de funcionamento, e, numa segunda fase, a regulação de comportamentos das entidades gestoras relativamente aos aspetos económicos e qualidade de serviço. A regulação económica procura obter os preços mais baixos que permitem simultaneamente a viabilidade económica e financeira das entidades gestoras (Vitorino, 2008).

A aplicação de sistemas de avaliação de desempenho numa entidade gestora faz com que a mesma consiga estruturar um plano de forma estratégica com metas que pretende alcançar, pois a avaliação de desempenho irá focar o que deve ser feito e obriga as entidades a se concentrarem no tempo, nos recursos, na energia e na execução dos seus objetivos (Franceschini et al., 2007).

A avaliação de desempenho mostra-se como uma mais valia para entidades gestoras, pois melhora a comunicação interna (entre os funcionários) e externa (relação entidade e clientes e outras partes interessadas, como fornecedores) (Franceschini et al., 2007). Para além disso, a avaliação de desempenho, ainda ajuda as entidades gestoras a justificarem o planeamento e os custos ao longo de um período. Deste modo, a avaliação de desempenho apoia o processo de tomada de decisão (Franceschini et al., 2007).

As medidas de avaliação de desempenho são muito importantes, pois a medição é a primeira etapa que leva ao controlo e eventual melhoria. Se não se medir, não se consegue entender o processo, se não se entende o processo não é possível controlá-lo. Se não se controla o processo, não é possível aperfeiçoá-lo (Pereira, 2009).

Os sistemas de avaliação de desempenho são utilizados para avaliar, até que ponto, os objetivos de gestão são cumpridos e ainda avaliar o impacto geral das estratégias de gestão (Mutikanga, 2012). Estes são utilizados por diversas entidades para medir o desempenho, tais como entidades gestoras, administração nacional e regional, reguladoras (OFWAT (*Office of Water Services*)), financeiras (Banco Mundial), utilizadores diretos, indiretos e pró-ativos e por organizações supranacionais (Mutikanga, 2012). A medição de desempenho é efetuada por meio de indicadores de desempenho.

Alegre et al. (2004) referem que os indicadores de desempenho podem vir a revelar-se vantajosos para os vários tipos de entidades mencionados no parágrafo anterior. A avaliação de desempenho no sector da água, no abastecimento de água, pode ser uma ferramenta preciosa na resolução de problemas deste sector (Alegre et al., 2006). Segundo Alegre et al. (2004) a utilização de indicadores de desempenho pode vir a ter as seguintes vantagens e aplicações:

Para a entidades gestoras:

- Facilita uma melhor e mais oportuna resposta por parte dos gestores;
- Permite uma melhor monitorização dos efeitos das decisões de gestão;
- Fornece a informação-chave de suporte a uma atitude pró-ativa da gestão, em alternativa a uma atitude reativa, baseada nas disfunções aparentes dos sistemas;
- Permite destacar os pontos fortes e fracos dos diversos setores das entidades gestoras, e assim apoiar a adoção de medidas corretivas para melhoria de produtividade, dos procedimentos e das rotinas de trabalho;
- Facilita a implementação de um sistema de Gestão pela Qualidade Total, constituindo um meio de valorização da qualidade global e da eficiência no seio da organização;
- Facilita a implementação de rotinas de “*benchmarking*”, quer internamente à entidade gestora (comprando o desempenho obtido em unidade operacionais ou em sub-sistemas diferentes), quer externamente (comparando o seu desempenho

com o de outras entidades gestoras semelhantes), promovendo melhorias de desempenho;

- Proporciona uma base técnica de suporte a processos de auditoria da atividade da entidade gestora e de previsão dos efeitos de recomendações resultantes de auditorias.

Para a administração nacional e regional, os sistemas de avaliação de desempenho fornecem um quadro de referência comum para comparação do desempenho de entidades gestoras e para a identificação de possíveis medidas corretivas.

Permitem, ainda, apoiar a formulação de políticas para o setor da água, no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos, incluindo a sua afetação e os correspondentes investimentos, e o desenvolvimento de instrumentos reguladores (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006).

Os sistemas de avaliação de desempenho proporcionam para a entidades reguladoras, como por exemplo o OWFAT, instrumentos chave de monitorização para apoio da salvaguarda dos interesses dos consumidores, num serviço que é fundamentalmente de monopólio, e a verificação de conformidade com os objetivos previamente estabelecidos (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006).

As entidades financiadoras, tal como o Banco Mundial, recorrem ao sistema de avaliação de desempenho de entidades gestoras que lhes permite avaliar as prioridades do investimento e apoiar a seleção de projetos e o respetivo acompanhamento (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006; Vieira *et al.*, 2006b).

Para utilizadores diretos, indiretos e pró-ativos (ex.: Organizações Não Governamentais (ONG)) o uso de sistemas de avaliação de desempenho proporciona um meio de traduzir processos complexos em informação objetiva e de fácil interpretação, transmitindo nomeadamente uma medida de qualidade do serviço prestado (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006).

Nas organizações supranacionais, os sistemas de avaliação de desempenho proporcionam uma linguagem apropriada para identificar as principais assimetrias entre regiões do mundo e as respetivas causas e avaliar a sua evolução, permitindo assim apoiar o estabelecimento das estratégias necessárias (Alegre *et al.*, 2004; Alegre *et al.*, 2006).

### **2.1.2 Indicadores de desempenho**

A nível mundial, os indicadores de desempenho são utilizados por muitas entidades gestoras, como ferramenta de ajuda para alcançar os objetivos pretendidos (Franceschini et al., 2007), ganhando uma ampla aceitação em toda a indústria mundial da água (Ashley & Hopkinson, 2002). Esta utilização surge como um desafio para as entidades gestoras que desejam implementar mecanismos de avaliação de desempenho e medir a sua eficiência, devido sobretudo, às diferenças na metodologia na recolha e na definição dos termos, a comparação entre instituições diferentes e, às vezes, dentro da mesma instituição, em períodos diferentes ao longo do tempo torna-se imprecisa (Lima et al., 2011). Os indicadores de desempenho podem ajudar a melhorar o processo de empresa operacionalmente (Rouxel et al., 2008).

As entidades nacionais e internacionais utilizam os indicadores de desempenho como ferramenta de comparação de alternativas de investimento e tomadas de decisão. Em Portugal já se realizaram vários estudos neste domínio e alguns dos autores que os estudaram foram: Alegre (1992), Mato et al (1993), Alegre e Almeida (1995), Faria e Alegre (1995), Coelho (1997), Coelho e Alegre (1997), Silva (2007) e Vieira (2009). Internacionalmente foram desenvolvidos diversos projetos em que se destacam o sistema de avaliação do desempenho vigente em Inglaterra e no País de Gales, as iniciativas do AWWARF (*American Water Works Association Research Foundation*), as iniciativas de entidades financeiras como o Banco Mundial e o Banco Asiático para o desenvolvimento e o projeto da *International Water Association (IWA)*, sobre indicadores de desempenho cujos resultados foram a realização de diversos encontros científicos e técnicos, permitindo a constituição de um Manual de Boa Prática intitulada “*Performance Indicators for Water Supply Services*” (Dias et al., 2006).

Os indicadores de desempenho são ferramentas úteis na recolha de informação e análise e avaliação da evolução de entidades com sistemas complexos. (Franceschini et al., 2007). Designam-se por ser medidas quantitativas de aspetos específicos da gestão, das características de operação ou serviço que têm como função avaliar a eficácia e a eficiência do operador, simplificando avaliações muito complexas (Dirección Agua Potable y Saneamiento & Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2012). A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objetivos de gestão definidos são realisticamente cumpridos (Alegre et al., 2004; LNEC & ERSAR, 2013).

Os indicadores de desempenho expressam o nível da qualidade do serviço prestado aos utilizadores efetivamente atingidos, tornando direta e transparente a comparação entre objetivos de gestão e resultados obtidos, simplificando uma situação que de outro modo seria complexa (Matos et al., 2004). Devem ser utilizados como instrumentos importantes da regulação, permitindo uma uniformização da recolha da informação, com base em definições claras e numa linguagem comum (Alegre et al., 2004; LNEC & ERSAR, 2013).

Cada indicador de desempenho, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um dado período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise da evolução ao longo do tempo (LNEC & ERSAR, 2013).

Um indicador de desempenho deve conter em si informação relevante, mas é inevitável uma visão parcial da realidade da gestão na sua globalidade, não incorporando, em geral, toda a sua complexidade. Assim, o seu uso descontextualizado pode levar a interpretações erradas. É, por isso, necessário analisar sempre os indicadores de desempenho no seu conjunto, com conhecimento de causa, e associados ao contexto em que se inserem (LNEC & ERSAR, 2013).

Por norma, os indicadores de desempenho são expressos por rácios entre dados de entidade gestora. Podem ser adimensionais, quando os dados estão expressos em percentagem, ou intensivos, ou seja, quando de algum modo expressam intensidade (como, por exemplo, os dados expressos em €/m<sup>3</sup>) e não extensão (LNEC & IRAR, 2009). A cada indicador corresponde uma regra de processamento, especificando todos os dados necessários ao cálculo, a unidade em que devem ser expressos e a respetiva combinação algébrica. Os dados para cálculo dos indicadores podem ser gerados e controlados diretamente pela entidade gestora (dados internos) ou gerados externamente (dados externos) (LNEC e IRAR, 2009).

A escolha de indicadores para um sistema de avaliação é um processo demorado e até complicado, pois é necessário escolher o número apropriado de indicadores que consiga representar as entidades gestoras em questão e não existe um método geral ou orgânico para ajudar a definir os mesmos. Normalmente este processo é facilitado quando as pessoas que executam esta tarefa já têm alguma experiência, porém muitas vezes os

indicadores que são adotados sem uma análise prévia do impacto que os mesmos podem vir a causar (Franceschini et al., 2007; Witte & Marques, 2009).

### **2.1.3 Domínios de avaliação**

Os utilizadores dos sistemas de avaliação têm características diferentes o que leva a que os indicadores de desempenho que integram os sistemas de avaliação sejam consideravelmente distintos, existindo, no entanto, um número significativo que é comum a vários sistemas (Silva, 2007).

Os indicadores de desempenho dos sistemas de desempenho mais utilizados distribuem-se pelos seguintes domínios: economia e finanças, tecnologia, organização e recursos humanos, qualidade do produto, qualidade do serviço e ambiente (Pereira, 2009; Castro, 2015).

Indicadores de desempenho económico-financeiros: são a base da maioria dos sistemas de avaliação de desempenho. Correspondem a rácios de uso corrente no domínio económico-financeiro e relacionam-se com proveitos, custos correntes, custos de capital, investimentos, liquidez e rendibilidade, incorporando, por vezes informação de preços de venda de água (Pereira, 2009; Castro, 2015).

Indicadores de desempenho tecnológicos: cobrem aspetos relativos à operação e manutenção dos sistemas de reabilitação de infraestruturas, à monitorização de qualidade da água, às perdas de água (Crotty, 2004; Stahre & Adamsson, 2004; Alegre *et al.*, 2006), inspeção e avarias (McIntosh, 1997; Crotty, 2004; WUP, 2002; Alegre *et al.*, 2006; Adamsson, 2004; Molinari, 2007; Stahre e World Bank, 2006 e Silva, 2007).

Indicadores de desempenho de qualidade de produto: devido à sua relevância em termos de saúde pública com requisitos legais, existem em praticamente todos os serviços de abastecimento de água e de águas residuais (Pereira, 2009; Castro, 2015).

Indicadores organizacionais e de recursos humanos: avaliam a utilização dos recursos organizacionais e humanos de uma entidade gestora, e cobrem aspetos como o número, qualificação e formação pessoal, e aspetos de saúde e segurança no trabalho (Crotty, 2004; Vieira et al., 2006),

Indicadores de desempenho de qualidade do serviço: contemplam aspetos relacionados com satisfação do consumidor, a relação com o consumidor, a cobertura de serviço, as

reclamações dos clientes ao serviço prestado, a resposta às reclamações, inundações e os danos causados a terceiros (Crotty, 2004).

Indicadores de desempenho ambiental: são indicadores específicos de depleção de recursos hídricos, volume e frequência de descargas de águas residuais no meio recetor, utilização de águas residuais, produção e gestão de resíduos e consumo de energia (Matos et al., 2003; Alegre et al., 2006).

## **2.2 Tipos de Benchmarking**

*Benchmarking* é um método estruturado usado em todo o mundo que serve para identificar medidas de desempenho capazes de melhorar a qualidade e o desempenho de diferentes tipos de entidades. Revela-se como uma das ferramentas mais eficazes, nos dias de hoje, para melhorar o desempenho de uma empresa (Berg, 2008). Assim sendo, consiste em avaliar um determinado serviço ou uma determinada entidade gestora através de comparação com serviços ou entidades semelhantes que tenham um melhor desempenho (Mutikanga, 2012).

Muitas empresas compreenderam que poderiam evoluir significativamente ao compararem o seu desempenho com os melhores desempenhos dos seus pares. Assim surgiu o *benchmarking*, sendo utilizado com sucesso em muitos sectores industriais. As entidades como, serviços públicos de água, decisores políticos, reguladores e instituições têm utilizado o *benchmarking*, com variados fins, com o objetivo de melhorar os serviços de água e as operações de otimização verificando que o mesmo se releva uma ferramenta valiosa para os gestores (Mutikanga, 2012).

Neste contexto, os indicadores de desempenho podem ser uma fonte de informação chave, uma vez que fornecem dados claros e quantificados que podem ser utilizados em avaliações comparativas (Mutikanga, 2012).

O *benchmarking* classifica-se em dois métodos distintos: o *benchmarking* métrico e *benchmarking* de processo de avaliação comparativa (Lambert et al., 2014). O primeiro refere-se ao processo comparativo e quantitativo que permite que os operadores mantenham o controlo do seu desempenho através do tempo e compará-lo com outros operadores (semelhantes). O segundo, numa primeira fase, avalia os aspetos que têm de ser melhorados através de um processo passo-a-passo (mapeamento de processos) e, numa segunda fase, compara-os com melhores práticas de outros operadores. A aferição

métrica tem a intenção de responder à pergunta sobre o que melhorar, enquanto processo de *benchmarking* visa responder à pergunta de como melhorar (Witte & Marques, 2009).

### **2.3 Sistemas já existentes**

Os sistemas de avaliação de desempenho, para o setor da água, encontram-se distribuídos por todo o mundo. Na América do Norte são utilizados os sistemas de avaliação de desempenho: AWWA (*American Water Works Association*) e WEF (*Water Environmental Federation*), na América do Sul a ADERASA (*Asociacion de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Americas*), no Reino Unido e País de Gales o OFWAT (*Office of Water Services*), na Europa a IWA (*International Water Association*), na Ásia os sistemas de avaliação Vewin (*Vereniging van watererdrijven in Nederland*), o sistema Manual ADB (*Asian Development Bank*) de Empresas de Serviços, na África o sistema de avaliação de desempenho WUP (*Water Utility Partnership*), o sistema SAAWU (*South Africa Association of Water Utilities*) e o sistema de Associações de Empresas de Serviços, na Austrália os sistemas de programas Australianos, O WSAA (*Water Association of Australia*). Ainda existe o sistema do *Six-Cities Group* utilizado em seis cidades escandinavas, o IBNET (*International Benchmarking Network for Wwater and Sanitation Utilities*), sendo estes alguns exemplos dos sistemas de avaliação de desempenho espalhados pelo mundo (Molinari, 2007).

Nos próximos subcapítulos serão apresentados alguns sistemas, as suas características e os seus indicadores.

#### **2.3.1 Sistema Australiano – Water Association of Australia (WSAA)**

A WSAA foi fundada no ano de 1995, distinguindo-se como uma organização sem fins lucrativos para promover o intercâmbio de informações entre a indústria, o governo e a comunidade e promover a gestão sustentável dos recursos hídricos (WSAA, 2015). Esta organização tinha como objetivo facilitar a cooperação e a melhoria da produtividade, o desempenho da indústria da água e certificar-se que o regulamento, no sector da água, serve adequadamente o interesse da comunidade. As suas principais áreas de atividade incluem a identificação de temas prioritários para a indústria da água, como pesquisa e implementação de políticas adequadas como forma de resposta, contribuir estrategicamente para a regulação do sector e o desenvolvimento de códigos para a indústria (Global Water Research Coalition, 2014).

WSAA tem vindo a mostrar o sucesso na padronização da monitorização do desempenho e da avaliação comparativa, no sector da água, assim como tem demonstrado resultados importantes na área de pesquisa nacional. O WSAA Executivo mantém fortes ligações com políticos e órgãos legislativos, para monitorar as questões emergentes de importância para a indústria de água urbana (WSAA, 2015).

O sistema de avaliação desempenho, da organização WSAA, é composto pelas seguintes categorias de indicadores: Recursos de água, Dados de Recurso, Clientes, Ambiente, Preço e finanças e Saúde pública (WSAA & NWC, 2007) apresentado no Quadro 2.1, sendo também apresentados os indicadores que se subdivide cada categoria e número dos mesmos.

*Quadro 2.1- Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho WSAA (WSSAA & NWC, 2007).*

<b>Categoria</b>	<b>Sub-categoria</b>	<b>Nº de ID</b>	<b>Sub indicadores</b>
<b>Recursos de água</b>	Fontes de água	7	5
	Usos de água fornecida	8	13
	Esgoto recolhido	4	5
	Usos da água reciclada e de águas pluviais	10	5
<b>Dados de Recurso</b>	Outros dados de água	2	
	Dados de esgoto	3	
	Estações de tratamento de água reciclada	1	
	principais quebras de água	1	
	Perda de água	3	
	Quebras de esgotos e bobinas	2	
<b>Clientes</b>	Propriedades conectados e população	8	
	Reclamações de qualidade de água	1	
	Reclamações de serviço de água	1	
	Reclamações de Serviço de esgoto	1	
	Reclamações de cobrança e contas	1	
	Total de reclamações de água e esgoto	1	
	Tempo de conexão a uma operadora de telefonia	1	
	Duração média das interrupções de abastecimento de água não planejada	1	
	interrupção média de esgoto	1	
	Incidência de interrupções não planeadas	1	
	Restrições e medidas legais para o não pagamento de conta de água	2	
<b>Ambiente</b>	Níveis de tratamento de esgotos comparativos	3	
	Cumprimento de esgoto estação de tratamento	1	
	Número de estações de tratamento de esgoto compatível em todos os momentos	1	
	Divulgação pública de esgoto desempenho estação de tratamento	1	
	Conformidade com o regulador ambiental – esgoto	1	
	Reutilização biossólido	1	
	Emissões líquidas de gases de efeito estufa	4	4
	Esgoto transborda	1	
<b>Preço e Finanças</b>	Estrutura tarifária Residencial	7	16
	Receita	7	3
		1	

	Receita de obrigações de serviço à comunidade (OSC) indicadores reportados número Indicador	2	
	auditével	3	3
	Valor escrito para baixo de ativos fixos	5	2
	Custos	3	
	Despesas de capital	2	
	Taxa real de retorno económico - água e esgoto	1	
	Dividendos	1	
	Dívida líquida sobre capital próprio	2	
	A cobertura de juros	1	
	O lucro líquido após impostos		
	Receita de obrigações de serviço comunitário (CDOs)	2	
	Capital funciona subsídios - Água e Esgoto		
<b>Saúde Pública</b>	O cumprimento da qualidade da água	7	

A WSAA está envolvida em toda uma gama de projetos que vão desde projetos voluntários não financiados, realizadas por um pequeno grupo de membros interessados, a grandes projetos internacionais que incluem membros e não-membros, em alguns casos (WSAA, 2015).

Além disso, a WSAA continua a fornecer aos seus membros e à indústria de água urbana os melhores códigos e padrões nacionais de prática (WSAA, 2015). Estes são amplamente adotados pelos membros de WSAA que tem vindo a ajudar no movimento indústria de água da Austrália para criação de melhores práticas e infraestruturas de rede de água (WSAA, 2015). Também operaram através de um esquema de avaliação do produto nacional que prevê uma única avaliação coordenada de conformidade de um produto para atender às necessidades de serviços públicos de água urbanos (WSAA, 2015).

### **2.3.2 Sistema da Associação de Reguladores de Água e Saneamento das Américas (ADERASA)**

A Associação de Reguladores de Água e Saneamento das Américas (ADERASA) foi fundada a 17 de outubro de 2001, na cidade colombiana de Cartagena de Índias, sendo inicialmente constituída por oito reguladores que representam os seus países, Argentina, Bolívia, Colômbia, Costa Rica, Chile, Nicarágua, Panamá e Peru. Com ADERASA iniciou-se o processo de integração e cooperação na regulação do setor de água nas Américas (ADERASA, 2015), que foi desenvolvida inicialmente baseada em três objetivos (ADERASA, 2007):

- Fortalecimento Institucional da associação e de seus parceiros, através da concentração e gestão de um sistema de avaliação de indicadores, formando uma base própria, informações comparáveis e de fácil acesso para todos os parceiros;

- Encontrar um sistema compatível com o sistema de indicadores internacional, promovendo assim, a sua aplicabilidade reguladora em função da diversidade e do dinamismo das situações que ocorram;
- Estabelecer coerência na amplitude de regulamentação no setor da água, nas Américas, através do intercâmbio regular, organizado e classificado, de informações, permitindo o acesso às melhores práticas.

A ADERASA expandiu-se e já abrange cerca de 16 países na zona das Américas, tendo-se juntado, o Brasil, as Honduras, o Equador, o México, o Paraguai, a República Dominicana, o Uruguai e a Venezuela (ADERASA, 2012).

O sistema ADERASA é formado por quatro categorias de grupos de indicadores conforme está apresentado no Quadro 2.2: Indicadores de estrutura e serviço, Indicadores de produção (IOP), Indicadores de qualidade de serviço (ICA-ICC-UTI), Indicadores Económicos ou Financeiros (IEC) (ADERASA, 2007):

*Quadro 2.2 -Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho ADERESA (ADERASA,2007).*

<b>Categoria</b>	<b>Indicador</b>	<b>Nº de indicadores</b>
<b>Indicadores de estrutura e serviço</b>	Cobertura de serviço	2
	Conexões	2
	Tratamento de esgotos	1
<b>Indicadores de produção</b>	Pessoal	1
	Pessoal por função	1
	Uso do recurso	2
	Produção	1
	Tratamento	1
	Consumo	2
	Perdas na rede	2
	<u>Rede de esgotos</u>	
	Rede de recolha e transporte	2
	Tratamento e abastecimento	3
<b>Indicadores de qualidade de serviço</b>	<u>Água para consumo humano</u>	
	Continuidade do serviço	2
	Qualidade da água em redes	2
	<u>Rede de esgotos</u>	
	Conexão na rede	1
	Qualidade do líquido lixiviante no recetor	2
	Reclamações dos utilizadores (água para consumo humanos e águas residuais)	5
<b>Indicadores económicos financeiros</b>	Faturação	6
	Custos	1
	Custos conjuntos	2
	Custos de operação de água para consumo humano	4
	Custos de operação de esgotos	3
	Custos de administração e vendas	1

Desempenho de investimentos	1
Atraso de pagamento	1
Dívida	2
Rentabilidade	1

Para a elaboração dos cálculos dos indicadores as entidades reguladoras têm de fornecer dados relativos à informação institucional, ambiental, serviço, ativos físicos, produção, qualidade do serviço, atenção ao utilizador e sanções ao operador e económica (ADERASA, 2007).

### 2.3.3 Sistema IBNET

A Rede *International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities* (IBNET) está envolvida na monitorização do sector da água desde 1997, quando se verificou que seria importante e necessário a disponibilização de uma base de dados de indicadores de eficiência (Danilenko e al., 2014). O IBNET tem como princípio recolher dados sobre o desempenho dos serviços públicos e estabelecer um padrão mundial para a avaliação de desempenho, permitindo que os profissionais da água e saneamento, interessados em reduzir as barreiras, o façam através do processo de *benchmarking*, primeiro acordando com um conjunto de indicadores, segundo utilizando uma definição standard e por último utilizando um modelo de partilha de resultados (Danilenko et al., 2014).

A IBNET é um projeto que privilegia a partilha de informação de diferentes países, através de uma rede de *Websites* ([www.ib-net.org](http://www.ib-net.org)). A base de dados iniciou-se com informações de alguns países, aumentando de ano para ano, sendo que no final do ano de 2013, o banco de dados da IBNET continha informações de mais de 4400 utilizadores de 135 países (Danilenko et al., 2014).

O sistema inclui 42 indicadores principais e 37 sub-indicadores, nas seguintes categorias: cobertura de serviço, consumo e produção de água para consumo, água não faturada, práticas de medição, desempenho das redes, custos de operação e recursos humanos, qualidade de serviço, faturação, finanças e recursos (IBNET, 2015). No Quadro 2.3 é apresentada a estrutura do sistema de indicadores do IBNET.

Quadro 2.3 - Lista de indicadores do sistema de avaliação de desempenho do IBNET (IBNET, 2015).

<b>Categorias</b>	<b>Indicador Principal</b>	<b>Nº</b>	<b>Nº de Sub-indicadores</b>
<b>A – Cobertura de Serviço</b>	Cobertura de água	1	2
	Cobertura de águas residuais	1	
<b>B – Consumo e produção de água</b>	Produção de água	2	7

	Consumo total de água	2	
<b>C – Água na faturada</b>	Água não faturada	3	-
<b>D – Práticas de medição</b>	Nível de medição	1	-
	% de água vendida que é medida	1	
<b>E – Desempenho das redes</b>	Ruturas na rede	1	-
	Obstrução no sistema de esgotos	1	
<b>F – Custos de operação e recursos humanos</b>	Custos operacionais unitários	2	10
	Funcionários/1000 ligações	1	
	Funcionários/1000 habitantes serviços	1	
	Relação: custos recursos humanos e custos operacionais	1	
	Relação custos de energia e custos operacionais	1	
	Relação custos outsourcing e custos operacionais	1	
<b>G – Qualidade do serviço</b>	Continuidade de serviço	1	2
	Consumidores com descontinuidade de serviço	1	
	Qualidade da água distribuída – nº de análises de cloro	1	
	Qualidade da água distribuída – nº de resultados de cloro conformes	1	
	Reclamações relacionadas com o serviço	1	
	Água Bruta – pelo menos tratamento preliminar	1	
<b>H - Faturação</b>	Proveito unitário	2	14
	Proveito total por população servida/PIB	1	
	Fatura mensal de um consumidor doméstico que consome 6m3 de água por mês	1	
	Componente fixa da tarifa para consumidores domésticos	2	
	Relação tarifa industrial e tarifa doméstica	1	
	Taxa de ligação	4	
	Período de faturação	1	
	Razão de faturação	1	
<b>I – Finanças</b>	Cobertura de custos correntes	1	-
	Taxa de cobertura do serviço da dívida	1	
<b>J – Recursos</b>	Valor do imobilizado	1	2
<b>Nº total de indicadores</b>		42	37

O sistema IBNET tem como objetivo suportar e promover a prática de *benchmarking* entre os serviços de abastecimento de água (Sjøvold et al., 2005):

- Fornecendo orientações sobre indicadores, definições e métodos de recolha de dados;

- Facilitando o estabelecimento de planeamento de *benchmarking* nacional ou regional;
- Permitindo comparações de desempenho internas e entre os seu pares.

O maior problema do sistema IBNET decorre da falta de um efetivo controlo da qualidade dos dados introduzidos (Pereira, 2009).

#### **2.3.4 Sistema da *International Water Association* (IWA)**

No ano de 1997, surgiu um grupo de trabalho do Comité de Operação e Manutenção da *International Water Association* (IWA), que tinha como objetivo a criação de um sistema de indicadores para a avaliação de qualidade de serviço de entidades gestoras, no sector da água (Alegre et al., 2004).

Em julho de 2000, a IWA produziu o Manual de Melhores Práticas, “*Performance Indicators for Water Supply Service*” (Rodrigues, 2012). Com base nesta publicação foram realizados testes de campo em 70 entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água, dos quais surgiram um conjunto de sugestões, ajustes e recomendações à abordagem proposta (Matos et al., 2003).

Este sistema é considerado como uma ferramenta com o objetivo de responder às necessidades das entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água. A principal finalidade foi definir uma metodologia de avaliação da qualidade de serviço prestado através de um conjunto de indicadores de desempenho e delinear alguns princípios fundamentais para a sua implementação. A abordagem pretendeu ser abrangente, visando cobrir as necessidades de diversos tipos de utilizadores. Pretenderam, igualmente, que os resultados fossem aplicáveis a entidades de diferente dimensão, nível de desenvolvimento, clima, demografia e características socioculturais (Alegre et al., 2004).

O sistema de avaliação de desempenho da IWA tem por base um conjunto de indicadores distribuídos por seis categorias de desempenho (Quadro 2.4): indicadores de recursos hídricos, indicadores de recursos humanos, indicadores infraestruturais, indicadores operacionais e indicadores de qualidade de serviço (Alegre et al., 2004; Alegre et al., 2006).

Quadro 2.4 - Lista de indicadores do Sistema de Avaliação de desempenho da IWA (Alegre et al., 2004; Alegre et al., 2006).

<b>Grupo de indicadores</b>	<b>Subgrupos</b>	<b>Nº de indicadores</b>	<b>Nº total</b>
<b>Recursos hídricos (WR1)</b>		4	4
<b>Recursos Humanos (Pe)</b>	Pessoal total	2	
	Pessoal por função principal	7	
	Pessoal de gestão técnica por tipo de atividade	6	
	Qualificação do pessoal	3	
	Formação do pessoal	3	
	Saúde e Segurança do pessoal	4	
	Horas extraordinárias	1	
<b>Infraestruturas (Ph)</b>	Tratamento	1	
	Armazenamento	2	
	Bombeamento	4	
	Adução e distribuição		
	Válvulas e hidratantes	2	
	Medidores de caudal	4	
	Adução e controlo	2	
<b>Operacionais (Op)</b>	Inspeção e manutenção de infraestruturas		
	Inspeção de infraestruturas	6	
	Calibração de instrumentação	5	
	Inspeção de equipamentos elétrico e de transmissão de sinal	3	
	Veículos	1	
	Reabilitação de condutas, de válvulas e de ramais	5	
	Reabilitação de Grupos Eletrobomba	2	
	Perdas de água	6	
	Avárias	6	
	Medição de Caudal	4	
	Monitorização de qualidade da água tratada	5	
<b>Qualidade e Serviço (QS)</b>	Serviço		
	Cobertura	5	
	Fontanários ou outros pontos de consumo público	4	
	Pressão e continuidade de serviço	8	
	Qualidade da água fornecida	8	
	Reclamações	9	
<b>Económico-financeiros (Fi)</b>	Proveitos	3	
	Custos	3	
	Composição dos custos correntes por tipo de custo	5	
	Composição dos custos correntes por tipo de entidade gestora	5	
	Composição dos custos por tipo de atividade	6	
	Composição de custos de capital	2	
	Investimento	3	
	Preço médio de venda de água	2	
	Indicadores de eficiência	9	
	Indicadores de “ALAVANCAGEM”	2	
	Indicador de Liquidez	1	
	Indicadores de rentabilidade	4	
	Perdas de água	2	

### 2.3.5 Sistema do *Office of Water Services* (OFWAT)

O Sistema OFWAT é um regulador económico criado na década de 90. O seu objetivo é gerir o serviço de água e de águas residuais de Inglaterra e do País de Gales (OFWAT,

2000). Este sistema utiliza o *benchmarking* como instrumento efetivo de regulação das várias companhias (OFWAT, 2000).

Desde 1991, a OFWAT, entidade reguladora, pede às entidades gestoras que lhe deem informação relativa ao seu desempenho no fornecimento de serviços de água. Posteriormente essa informação é submetida através de um sistema de indicadores de desempenho composto pelas seguintes categorias (Quadro 2.5): Serviço ao consumidor, Distribuição de água e Impactes ambientais, e auditada por auditores externos certificados para o efeito (Stone et al., 2002). Esta avaliação permite efetuar e fornecer aos clientes as comparações da qualidade das entidades gestoras (fazendo estes uma avaliação em função das tarifas) e informa os clientes (e outras partes interessadas) sobre o desempenho total da entidade gestora local (OFWAT, 2004).

Quadro 2.5 - Lista do Sistema de Avaliação de Desempenho (OFWAT, 2004).

<b>Categorias</b>	<b>Indicador</b>
<b>Distribuição de água</b>	Número de pontos de consumo com baixa pressão Consumidores afetos por interrupções no abastecimento não planeados População sujeita a restrições ao uso de água Qualidade da água de consumo
<b>Serviço ao consumidor</b>	Resposta a contatos dos consumidores relativos a faturação Respostas e reclamações escritas Faturas enviadas a consumidores que têm por base a medição do consumo Facilidade de contato telefónico com a entidade gestora
<b>Impactes ambientais</b>	Deposição de lamas Número de acidentes de poluição no tratamento e distribuição de água de consumo Fugas de água no sistema de abastecimento

Com o passar dos anos os indicadores de desempenho utilizados evoluíram, surgindo novas categorias de indicadores: Confiabilidade e disponibilidade, Experiência do Cliente, Impactes Ambientais, Finanças e Indicadores de desempenho adicionais. Desta forma, entre 2010 e 2015 as entidades gestoras, abrangidas pela OFWAT, foram avaliadas através dos indicadores do Quadro 2.6 (OFWAT, 2012):

Quadro 2.6 - Lista de indicadores do OFWAT para o ano 2010 a 2015 (OFWAT, 2012)

<b>Categoria</b>	<b>Indicador</b>
<b>Experiência do Cliente</b>	Mecanismo de Incentivo do Serviço (SIM) Inundações internas de esgoto Interrupções de abastecimento de água
<b>Confiabilidade e disponibilidade</b>	Manutenção de água sem infraestrutura Manutenção de água com infraestrutura Facilidade de manutenção de esgoto sem infraestrutura Manutenção de infraestruturas de saneamento básico Vazamento Segurança de índices de alimentação (SoSI)

<b>Impactes Ambientais</b>	Emissões de Gases de efeito estufa (GHG) Incidentes de poluição (esgoto) Incidentes de poluição grave (esgoto) Conformidade da descarga permitida Eliminação de lamas satisfatória
<b>Financeiro</b>	Retorno após os impostos sobre o capital Avaliação de crédito Engrenagem A cobertura de juros

Através deste método de avaliação, a OFWAT incentiva as empresas a operar de forma eficiente e estabelece metas para as mesmas (European Commission, 2005).

### 2.3.6 Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) na Índia

O Sistema de Avaliação de desempenho (PAS) foi implementando na Índia por iniciativa da Universidade CEPT, *Ahmedabad* e com o financiamento da Fundação Bill e Melinda Gates, durante um período de cinco anos com intuito de desenvolver métodos e ferramentas apropriadas para medir, monitorar e melhorar o fornecimento de água e saneamento nas cidades e vilas (CEPT University & All India Institute of Local Self-Government, 2011). Esta pesquisa-ação surge devido à falta de informação segura e atualizada sobre o desempenho operacional e financeiro dos serviços de abastecimento de água e saneamento urbano (CEPT University & All India Institute of Local Self-Government, 2011).

Os principais objetivos do projeto durante o período de cinco anos são (PAS, 2009):

- Desenvolver e implementar um sistema de medição de desempenho para uma informação regular e confiável;
- Projetar e partilhar resultados com as agências governamentais estaduais, ou outras entidades interessadas e meios de comunicação através do monitoramento de desempenho e sistema de divulgação para uso na tomada de decisão, fornecendo incentivos que influenciam a procura;
- Facilitar o desenvolvimento de planos de melhoria de desempenho por organismos locais urbanos com apoio do governo do Estado, ONGs e do setor privado.

O PAS, por sua vez, será utilizado pelos governos estaduais e locais para estender os serviços a todos, que se esforçam para a viabilidade financeira e melhoria da fiabilidade e qualidade dos serviços. A investigação incidiu sobre a utilização de indicadores de

desempenho e padrões de referência para facilitar a comunicação consistente, monitorização, planeamento, orçamento e investir em serviços de água e saneamento em todas as áreas urbanas de Gujarat e Maharashtra estados (PAS, 2009).

Como já referido anteriormente, o PAS previsto neste projeto inclui: medição de desempenho, monitorização de desempenho e melhoria de desempenho (CEPT University, 2009).

A medição de desempenho refere-se ao desenvolvimento e implementação de métricas de medição. Os indicadores para medição de desempenho serão desenvolvidos através de estudos e consultas às partes interessadas a nível estadual. São indicadores de acesso e cobertura, qualidade dos serviços, eficiência, viabilidade financeira, orientação ao cliente, e equidade que têm sido desenvolvidos (CEPT University, 2009).

A monitorização de desempenho inclui a criação de sistemas adequados a nível estadual, onde a informação em tempo real anual estará disponível (CEPT University, 2009). Foi feita uma análise detalhada dos indicadores, o desenvolvimento de *benchmarks* e documentação de boas práticas. Foi também criada uma plataforma *web* dedicada a cada estado para sediar esta informação com acesso por corpos urbanos locais e outras partes interessadas que lhes permite acompanhar o seu desempenho com os pares (CEPT University, 2009).

A melhoria de desempenho diz respeito à utilização de indicadores de desempenho para melhorar os níveis de serviço. O projeto deu apoio aos governos locais para desenvolver planos de melhoria de desempenho para alcançar o aumento da viabilidade financeira pobre (CEPT University, 2009).

Este sistema de avaliação de desempenho é composto segundo as seguintes categorias de indicadores de desempenho: Acesso e cobertura, Nível da qualidade de serviço, Gestão financeira quem pertencem às metas dos indicadores, na parte dos indicadores para ações de reforma fazem parte, a Eficiência na operação de serviço, Capital próprio (CEPT University, 2010). No Quadro 2.7 são apresentados os indicadores de desempenho segundo as categorias para o setor da água para consumo humano.

Quadro 2.7 - Lista de indicadores para o Sistema de Avaliação aplicado na Índia (CEPT University, 2010).

<b>categoria</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Metas dos indicadores</b>	
<b>Acesso e cobertura</b>	1. Cobertura de água ligações de abastecimento em nível do agregado familiar
<b>Nível da qualidade de serviço</b>	2. Oferta per capita de Água 3. Continuidade de água fornecem 4. Qualidade da água fornecidas
<b>Gestão financeira</b>	5. Extensão do custo recuperação (O & M) em serviços de abastecimento de água
<b>Indicadores para ações de reforma</b>	
<b>Eficiência na operação de serviço</b>	6. Extensão de água que não tem receita 7. Eficiência na resposta a reclamações de clientes 8. Extensão da função medição de água 9. Eficiência na recolha de água relacionada com o abastecimento
<b>Capital próprio</b>	10. As variações espaciais na cobertura de ligações de abastecimento de água 11. As variações espaciais per capita em água fornecida 12. Cobertura de água em ligações de abastecimento em favelas

O projeto PAS implementado na Índia vai muito além de um simples sistema de avaliação e desempenho. Os gestores das entidades apoiaram-se no uso de indicadores de desempenho para tomar decisões sobre o plano da empresa e o seu orçamento. O projeto pretendeu apoiar várias entidades e identificar boas práticas e divulgar as mesmas a todos os participantes e publicá-las no *site* do projeto (Cabrera et al., 2011).

## **2.4 Sistema de avaliação de desempenho para ETA**

### **2.4.1 Enquadramento**

No ano de 2006, o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) lançou um projeto para o desenvolvimento de um Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) para ETA, as engenheiras Catarina Silva e Paula Viera trabalharam no mesmo e realizaram as suas teses de Mestrado e Doutoramento, respetivamente, neste tema. O mesmo foi testado nas ETA da Águas do Algarve (Silva, 2007; Vieira, 2009).

A criação do PAS veio trazer grandes benefícios para as ETA (Vieira et al., 2009), pois quando implementado nas mesmas, as entidades gestoras das empresas poderiam, de uma forma pró-ativa, efetuar diagnósticos nas ETA, identificar a necessidade de reabilitação e definir prioridades para a implementação de medidas corretivas (Vieira, 2009).

## 2.4.2 Estrutura e características do sistema de avaliação de desempenho

Como referido anteriormente, e como se pode observar na figura 2.1, o PAS para ETA rege-se segundo duas componentes: a componente de avaliação de desempenho global e a componente de avaliação de desempenho operacional, a qual inclui três subcomponentes: qualidade da água tratada, eficiência de tratamentos e funcionamento dos órgãos (LNEC, 2009).

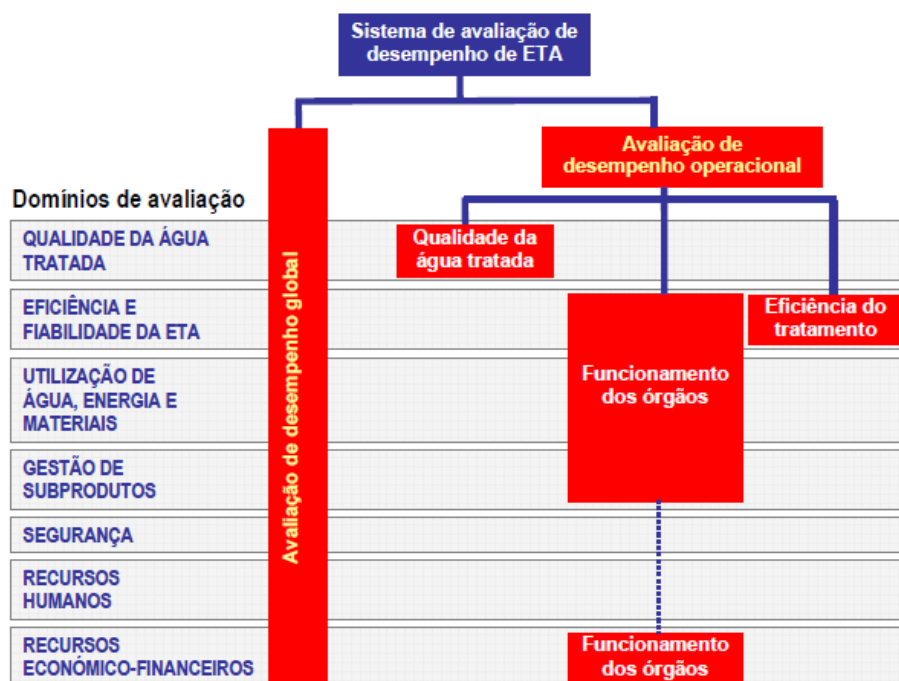


Figura 2.1-Domínios de avaliação de Desempenho de uma ETA (Por Vieira, 2009 pág. 17).

A primeira componente, a componente de avaliação de desempenho global avalia o desempenho da estação como um todo, através de indicadores de desempenho que se destinam, por um lado, a apoiar a tomada de decisão a um nível superior de gestão e, por outro, a produzir informação útil à exploração da instalação (Vieira, 2009). Em face dos objetivos de gestão da ETA, os indicadores de desempenho foram agrupados em oito domínios de avaliação, como se observa na figura 1 e no Quadro 8: Qualidade da água; Eficiência e fiabilidade; Utilização de água, energia e materiais; Gestão de subprodutos; Segurança; Recursos humanos e Recursos económico-financeiros (Rosa et al., 2011).

Cada domínio de avaliação tem um objetivo específico e é calculado segundo esse objetivo. No quadro 2.8 são apresentados os objetivos de cada domínio. A própria entidade gestora deve traçar um objetivo na aplicação deste sistema de avaliação de desempenho, deve assim ter como objetivo a produção eficaz de água, ou seja, a produção

de água com elevada qualidade, fazendo uso eficiente dos recursos disponíveis (recursos naturais, tecnológicos, humanos e económico-financeiros) e causando o menor impacto ambiental (Silva, 2007).

*Quadro 2.8- Domínios da avaliação de desempenho global de ETA para consumo humano (Rosa et. al, 2010)*

<i>DOMÍNIO</i>	<i>OBJETIVO</i>
<i>OBJETIVO GERAL DA EG</i>	Produção eficaz e eficiente de água, i.e, a produção de uma água com elevada qualidade, fazendo um uso eficiente dos recursos disponíveis (recursos naturais, tecnológicos, humanos e económico-financeiros) e causando o menor impacto ambiental.
<i>QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA</i>	Avaliar o desempenho em termos do cumprimento dos critérios de qualidade estabelecidos pela entidade gestora para a água à saída da ETA e em termos de capacidade da ETA para produzir uma água que terá as características adequadas no ponto de consumo
<i>EFICIÊNCIA E FIABILIDADE DA ETA</i>	Avaliar o desempenho de uma ETA no que diz respeito à fiabilidade, corresponde a requisitos de robustez em termos de tecnologia e de flexibilidade para atender a variações na qualidade de quantidade de água bruta.
<i>UTILIZAÇÃO DA ÁGUA, ENERGIA E MATERIAIS</i>	Avaliar a eficiência de utilização de recursos naturais e consumo de matérias-primas na ETA.
<i>GESTÃO DE SUBPRODUTOS</i>	Avaliar o nível de produção de resíduos e de águas residuais de processo, potenciais causadores de impactos negativos no ambiente, assim como na adequação da sua gestão
<i>SEGURANÇA</i>	Avaliar a ocorrência de acidentes de trabalho com produtos químicos, assim com a capacidade de resposta a situações de emergência
<i>RECURSOS HUMANOS</i>	Avaliar a disponibilidade do pessoal da ETA, a adequação da sua qualificação académica e formação profissional e o nível de absentismo.
<i>ECONÓMICO-FINANCEIROS</i>	Avaliar os rácios de uso corrente neste domínio, dos custos com pessoal, reagentes, energia, transporte e valorização de subprodutos, serviços externos, operação, manutenção e controlo analítico.

A componente de avaliação de desempenho operacional foi elaborada consoante os seguintes critérios/objetivos (Silva, 2007):

- Destina-se ao apoio à decisão ao nível operacional, sendo adequada para utilização, por exemplo, pelo responsável técnico da ETA;
- A avaliação de desempenho pode ser feita com maior detalhe, obtendo-se informação ao nível da operação/ processo unitário (OPU) ou etapa de tratamento;
- Consideram-se três subcomponentes do desempenho operacional: desempenho em termos de qualidade da água tratada; desempenho em termos de eficiência de tratamento; e desempenho em termos de funcionamento dos órgãos da estação.

Esta componente do sistema de avaliação de desempenho segue uma metodologia baseada em funções de desempenho para obtenção de índices de desempenho (adimensionais) que cobrem os domínios de avaliação referidos e estrutura-se em três

subcomponentes: Qualidade da água tratada, Eficiência do tratamento e Funcionamento dos órgãos (Rosa et al., 2011).

#### **2.4.2.1 Sistema de indicadores de avaliação de desempenho global de ETA**

Como já referido anteriormente, o sistema de indicadores de avaliação de desempenho global para ETA, é formado através de domínios de avaliação e esses domínios são constituídos por indicadores de desempenho.

O primeiro sistema de indicadores proposto para compor o sistema de avaliação de desempenho para ETA's, por Vieira et al. (2007) era constituído com cerca de 77 indicadores, atualmente, este já foi atualizado e já conta com cerca de 97 indicadores de desempenho distribuídos pelos diferentes domínios de avaliação, enumerados no Quadro 2.9. Os indicadores de desempenho apresentado neste quadro fazem parte da segunda geração da componente de avaliação de desempenho global do sistema desenvolvido para ETA, no período de 2009 a 2011 (Rosa et al., 2011).

*Quadro 2.9 - Lista de Indicadores do Sistema de Avaliação de Desempenho (PAS) para ETA (Rosa et al., 2011).*

<i>DOMÍNIO</i>	<i>INDICADOR</i>	<i>CÓDIGO</i>
<i>QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA</i>	Conformidade dos resultados das análises	tWQ01
	Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave	tWQ02
	Parâmetros Analisados	tWQ03
	Limpeza de reservatórios da ETA	tWQ04
	Qualidade da água em cloro residual mínimo no(s) ponto(s) de entrega/consumo	tWQ05
	Qualidade da água em cloro residual máximo no(s) ponto(s) de entrega/consumo	tWQ06
	Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo	tWQ07
	Qualidade microbiológica da água no(s) ponto(s) de entrega/consumo	tWQ08
<i>EFICIÊNCIA FIABILIDADE</i>	<i>E</i> Utilização da origem de água	tER01
	Capacidade de reserva de água bruta na ETA	tER02
	Satisfação da capacidade máxima de tratamento	tER03
	Adequação da capacidade de tratamento	tER04
	Capacidade de reserva de água tratada	tER05
	Utilização da capacidade de bombeamento a montante da ETA	tER06
	Utilização da capacidade de bombeamento a jusante da ETA	tER07
	Utilização da capacidade de doseamento de reagentes para dosagens máximas	tER08
	Utilização da capacidade de doseamento de reagentes para dosagens mínimas	tER09
	Reserva de reagentes	tER10
	Período diário de funcionamento	tER11
	Testes laboratoriais	tER12
	Monitorização da qualidade de água/lamas	tER13
	Tipo de monitorização da qualidade água/lamas	tER14
	Controlo do doseamento de reagentes	tER15
	Controlo de purga de lamas	tER16
	Controlo dos filtros	tER17
	Supervisão do tratamento	tER18

		Possibilidade de doseamento de reagentes alternativos	tER19
		Doseadores reguláveis	tER20
		Inspeção de motobombas	tER21.1
		Motobombas inspecionadas	tER21.2
		Inspeção de válvulas	tER22
		Inspeção de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros	tER23.1
		Geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros inspecionados	tER23.2
		Equipamentos de emergência inspecionados	tER24
		Inspeção de equipamentos de transmissão de sinal	tER25
		Inspeção de medidores de caudal	tER26
		Inspeção de medidores de nível de água/lamas	tER27
		Inspeção de medidores de pressão	tER28
		Inspeção de medidores em linha de qualidade da água/lamas	tER29
		Inspeção de quadros elétricos	tER30
		Inspeção de leitos de enchimento	tER31
		Inspeção de equipamentos de desidratação e transporte de lamas	tER32
		Inspeção de outros equipamentos-chave	tER33
		Calibração de doseadores de reagentes	tER34
		Calibração de medidores de caudal	tER35
		Calibração de medidores de nível da água/lamas	tER36
		Calibração de medidores	tER37
		Calibração de medidores em linha de qualidade da água/lamas	tER38
		Interrupção do funcionamento de motobombas (>30 min)	tER39
		Interrupção do funcionamento de válvulas (>30 minutos)	tER40
		Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros	tER41
		Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros	tER42
		Interrupção do funcionamento de outros equipamentos-chave (>30 min)	tER43
		Tempo médio de reposição do funcionamento de equipamentos-chave (>30)	tER44
		Interrupção do funcionamento da ETA	tER45
		Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de energia	tER46
		Autonomia energética	tER47
		Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes	tER48
<i>UTILIZAÇÃO</i>	<i>DE</i>	Eficiência de utilização de água na ETA	tRU01
<i>ÁGUA, ENERGIA</i>	<i>E</i>	Água recirculada na ETA	tRU02
<i>MATERIAIS</i>		Consumo de energia	tRU03
		Consumo de oxidantes	tRU04
		Consumo de ácidos e bases	tRU05
		Consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes	tRU06
		Reposição/substituição de meios de enchimento	tRU07
<i>GESTÃO</i>	<i>DE</i>	Produção de lamas	tBP01
<i>SUBPRODUTOS</i>		Teor em matéria seca das lamas produzidas	tBP02
		Escoamento de lamas	tBP03
		Destino de lamas	tBP04
		Valorização de lamas	tBP05
		Rejeição de meios de enchimento	tBP06
		Escoamento de meios de enchimento rejeitados	tBP07
		Destino de meios de enchimento rejeitados	tBP08
		Valorização de meios de enchimento rejeitados	tBP09
		Descarga de águas residuais sem tratamento adequado	tBP10
<i>SEGURANÇA</i>		Derrames e fugas de produtos químicos ou subprodutos	tSa01
		Acidentes de trabalho e doenças profissionais	tSa02

	Resposta à emergência	tSa03
<i>RECURSOS HUMANOS</i>	Pessoal afeto ao tratamento	tPe01
	Pessoal com formação superior	tPe02
	Pessoal com especialização certificada	tPe03
	Pessoal com escolaridade obrigatória	tPe04
	Tempo total de formação	tPe05
	Formação interna	tPe06.1
	Absentismo (empregado equivalente)	tPe06.2
	Absentismo por acidente de trabalho e doença profissional	tPe07
	Trabalho suplementar	tPe08
<i>RECURSOS ECONÓMICO-FINANCEIROS</i>	Rendimento unitário operacional ajustado	tFi01
	Gasto unitário	tFi02
	Gasto unitário operacional ajustado	tFi03
	Gastos com o pessoal	tFi04
	Gasto com a energia eléctrica	tFi05
	Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento	tFi06
	Gastos com deposição/valorização de subprodutos	tFi07
	Gastos com aquisição de serviços de controlo analítico	tFi08
	Gastos com aquisição de serviços de manutenção	tFi09
	Rácio de cobertura dos gastos operacionais ajustados	tFi10

Quando desenvolvido este sistema, cada indicador faz-se acompanhar de uma ficha de caracterização, figura 2.2, onde é apresentado, o código e a designação, o objetivo do indicador de desempenho, a(s) expressão(ões) de cálculo, as unidades que deverá ser apresentado o resultado, observações importantes para o cálculo e análise do indicador e uma indicação de como se faz a análise dos resultados (Rosa et al., 2011).

<b>tWQ01 – Conformidade dos resultados das análises</b>
<b>Domínio de avaliação de desempenho:</b> Qualidade da água tratada
<b>Objectivo:</b> avaliação da conformidade dos resultados da monitorização da qualidade da água tratada em relação aos critérios definidos pela EG para a água à saída da ETA, i.e., com os parâmetros e respectivos valores-limite.
<b>Expressão de cálculo:</b> $\frac{\text{Análises conformes com os critérios de qualidade definidos pela EG (n.º)}}{\text{Análises realizadas à água tratada (n.º)}} \times 100$
<b>Unidades:</b> %
<b>Interpretação dos resultados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O valor de 100% corresponde ao total cumprimento dos critérios de qualidade definidos pela EG.</li> <li>• O indicador deve ser analisado em conjunto com os indicadores tWQ02 e tWQ03.</li> <li>• O indicador deve ser analisado tendo em consideração a adequação do n.º total de análises realizadas à dimensão e tipo de tratamento da ETA.</li> </ul>
<b>Observações:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O Indicador refere-se apenas à qualidade da água tratada e não à qualidade da água entre as várias operações/processos unitários de tratamento.</li> <li>• No denominador contabilizam-se todas as análises efectuadas, quer sejam realizadas pelo laboratório da ETA, quer por laboratórios externos. No numerador contabilizam-se todas as conformidades em todas essas análises efectuadas.</li> <li>• Caso a EG não tenha critérios definidos, os parâmetros de qualidade e respectivos valores-limite a considerar para o cálculo deste indicador correspondem aos requisitos da legislação para a água no ponto de consumo.</li> <li>• O Indicador pode ser calculado individualmente para cada parâmetro de qualidade da água (tWQ01.0a, tWQ01.0b, etc.), no sentido de se identificarem os parâmetros responsáveis por piores desempenhos traduzidos por baixos valores do PI. Se existir um historial da ETA e se já forem conhecidos os parâmetros mais problemáticos, o indicador pode ser calculado individualmente só para estes.</li> </ul>

Figura 2.2- Fichas de caracterização dos indicadores de desempenho (Rosa et al, 2011).

Os indicadores são identificados por um código composto por oito campos, em que os primeiros seis campos são obrigatoriamente preenchidos: os dois primeiros identificam o sistema (t para ETA), os dois seguintes o domínio e os dois últimos identificam o número do PI. Por exemplo, tWQ01 representa o primeiro indicador (01) do domínio de Qualidade da Água Tratada (WQ) do PAS de tratamento (t – *treatment*) de água (Rosa et al., 2011; Vieira, 2009). Os dois campos secundários inscrevem-se à direita do ponto (separador entre campos obrigatórios e secundários) e são opcionais (Rosa et al., 2011; Vieira, 2009). O primeiro campo secundário corresponde a expressões de cálculo alternativas e é preenchido com caracteres numéricos, e o segundo utiliza-se nos casos em que se pretende individualizar o PI por diferentes espécies (*e.g.*, reagentes) identificadas por caracteres alfabéticos de “a” a “z” (Rosa et al., 2011; Vieira, 2009).

#### **2.4.2.2 Avaliação de desempenho operacional de ETA**

A avaliação de desempenho operacional para ETA, como já referido anteriormente, é formada por três componentes: qualidade da água tratada, funcionamento de órgãos e eficiência do tratamento, como se pode verificar no esquema da figura 1.

A avaliação de desempenho operacional pretende apoiar, acima de tudo, a decisão ao nível operacional, sendo adequada para utilização, por exemplo, pelo responsável técnico da ETA. A avaliação de desempenho operacional é realizada através de índices de desempenho e é realizada com maior pormenor obtendo-se informação ao nível de operação/processo unitário (OPU) ou etapa de tratamento (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009; Rosa et al., 2010).

Para as três componentes, que fazem parte da avaliação de desempenho operacional, referidas em cima, foram identificadas as variáveis que podem traduzir, em função dos valores que tomam, o desempenho da ETA 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, eventualmente, presentes na água tratada. No caso da *eficiência do tratamento*, as variáveis consideradas são as eficiências de remoção dos contaminantes atrás referidos. No caso do 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 (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009 & Rosa et al., 2010).

Foi realizada uma normalização dos valores das variáveis através de aplicação de funções de desempenho definidas para cada uma delas. Este tipo de função corrige qualquer desvio a uma situação ótima em que o serviço prestado pelo sistema de tratamento tenha um desempenho máximo. A função associa a cada valor da variável, o valor do índice de desempenho, 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 um desempenho “bom”, entre 200 e 100 o desempenho é “aceitável” e índices de desempenho inferiores a 100 traduzem 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 (Vieira, 2009; Vieira et al, 2009 & Rosa et al., 2010).

## 3 Metodologia

### 3.1 Ferramenta de cálculo automático *PAStool*

Os estudos para o desenvolvimento da primeira geração da ferramenta *PAStool* iniciou-se por volta do ano de 2006, por Catarina Silva, apresentando os resultados na sua tese de mestrado. Foi construída com o objetivo de ajudar a tratar o elevado número de dados, de forma a calcular as variáveis, as medidas de desempenho e facilitar a visualização dos resultados.

No ano 2009 iniciaram-se os estudos para atualizar a ferramenta, surgindo uma segunda geração da ferramenta, com pequenas alterações.

Ambas as gerações da ferramenta são automáticas, ou seja, o carregamento de alguns dos dados, o cálculo dos indicadores e construção dos dados é feita de forma automática, ferramenta de cálculo automático *PAStool\_WTP* que implementa esse sistema em *Microsoft Excel* com programação em *Visual Basic for Applications* (VBA) (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009; Rosa et al., 2010).

Para a elaboração deste trabalho será usada a segunda geração da ferramenta *PAStool*, o trabalho desenvolvido focar-se-á na componente de avaliação global e apesar da ferramenta ter vários módulos, os que vão ser utilizados serão os módulos *Calc\_Pi* e *Input\_Water*.

#### 3.1.1 Primeira geração da ferramenta de cálculo automático *PAStool*

O *PAStool* processa dados de qualidade da água tratada, dados de operação da ETA, dados relativos à infraestrutura, dados de recursos humanos e dados financeiros (Vieira, 2009 e Vieira et al., 2009).

A primeira geração da ferramenta era composta por um módulo de interface geral que fazia a ligação entre os diferentes módulos da ferramenta, e por três módulos de introdução de dados (*Input\_Wat\_Q.xls*, ficheiro de *input* de dados e *Input\_Op.xls*) e quatro módulos de cálculo (*Calc\_PI.xls*, *Calc\_Wat\_Q.xls*, *Calc\_Treat\_Ef.xls* e *Calc\_UOP.xls*) que correspondiam às várias componentes do sistema de avaliação de desempenho (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009). A estrutura é apresentada na figura 3.1.

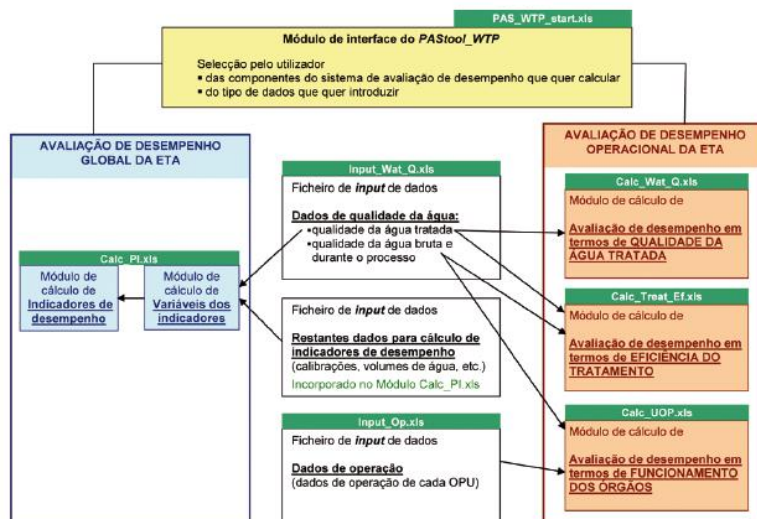


Figura 3.1- Estrutura da ferramenta de cálculo automático PASool\_WTP para avaliação de desempenho para ETA (1ª geração) (Vieira et al., 2009)

Dos três módulos de inserção de dados, dois deles exclusivos para este fim: o módulo *Input\_Wat\_Q.xls* e o módulo *Input\_Op.xls*, o módulo *Calc\_PI.xls* é um módulo de cálculo, mas onde também é possível inserir dados para o cálculo de indicadores de desempenho (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009).

Após a introdução de dados nos módulos, o utilizador pode efetuar o cálculo das medidas de avaliação de desempenho que pretende através dos módulos de cálculo, nos quais é possível, em simultâneo, visualizar e sintetizar os resultados obtidos (Vieira, 2009 & Vieira et al., 2009).

O módulo de *Calc\_PI.xls*, figura 3.2, serve para calcular os indicadores de desempenho da componente de avaliação de desempenho global da ETA (OvPA), com dados base carregados no mesmo módulo e a partir dos dados de qualidade de água tratada do módulo *Input\_Wat\_Q.xls* (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009). Este módulo encontra-se organizado por domínio de avaliação de desempenho e inclui a seguinte informação relativa a cada ID: código e nome, unidades, expressão de cálculo e resultados. Através deste módulo ainda é possível realizar cálculos detalhados de alguns indicadores de desempenho, como por exemplo, para diferentes períodos temporais (Vieira, 2009; Vieira et al., 2009).

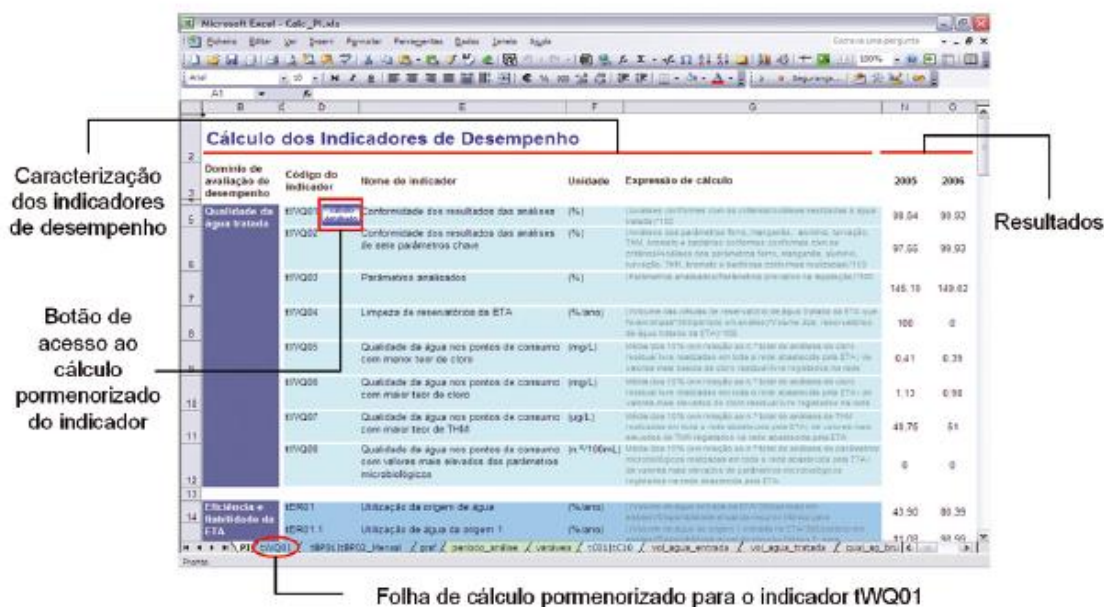


Figura 3.2-Screenshot do módulo Calc\_PL.xls (Vieira et al., 2009)

O módulo de cálculo *Calc\_Wat\_Q.xls*, figura 3.3, avalia o desempenho operacional e engloba as seguintes fases, que são sequencialmente ativadas pelo utilizador através de botões de ação (Vieira, 2009 &Vieira et al., 2009):

- I. Importação de dados de qualidade de água tratada – após indicação pelo utilizador dos parâmetros de qualidade que pretende estudar e dos respetivos critérios para construção das funções de desempenho, são importadas séries temporais de dados de qualidade da água tratada a partir do módulo *Input\_Wat\_Q.xls*;
- II. Construção da função de desempenho – a função de desempenho específica para o parâmetro em estudo e construída e representada graficamente;
- III. Cálculo do índice de desempenho – o cálculo do índice de desempenho é feito para cada valor de qualidade da água tratada aplicando as funções de desempenho previamente determinadas;
- IV. Visualização de resultados – os resultados são visualizados em quadro e através de representação gráfica do índice de desempenho em função do tempo, ambos são gerados automaticamente.

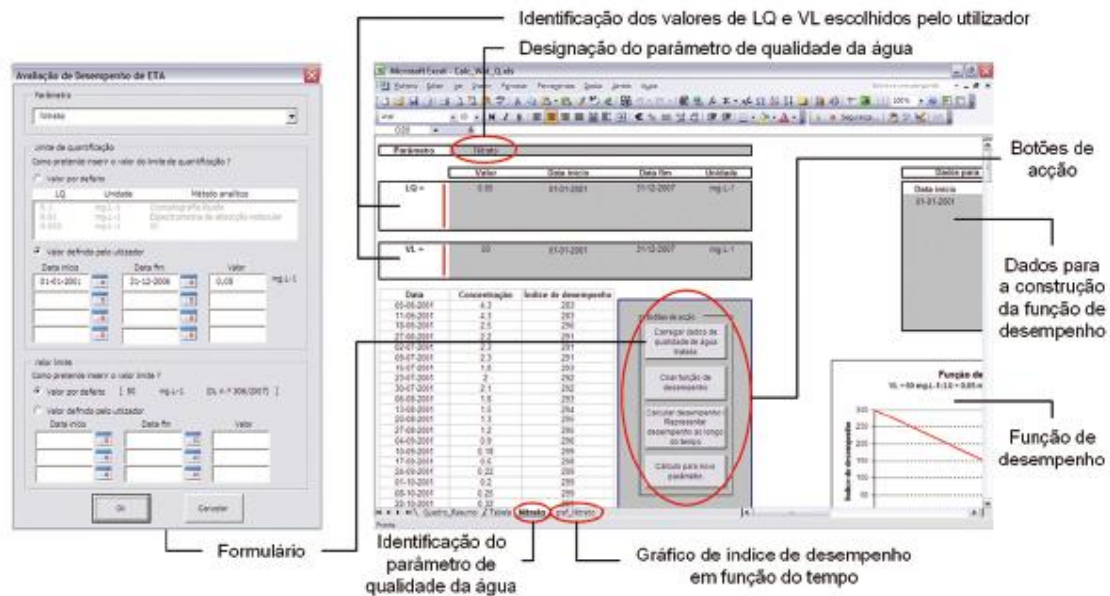


Figura 3.3- Screenshot do módulo Calc\_Wat\_Q.xls (Vieira et al., 2009).

Os módulos *Calc\_Treat\_Efic.xls* e *Calc\_UOP.xls*, que avaliam o desempenho da ETA em termos de eficiência do tratamento e funcionamento dos órgãos, respetivamente, seguem uma abordagem semelhante a esta. A diferença consiste, essencialmente, no tipo de variáveis importadas e nas funções de desempenho aplicadas (Vieira, 2009 &Vieira et al., 2009).

Uma das principais características dos três módulos de cálculo é a sua flexibilidade. Na escolha dos critérios 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. É também possível associar diferentes funções de desempenho a diferentes períodos temporais (Vieira, 2009 &Vieira et al., 2009). A primeira geração do *PASool\_WTP*, para a avaliação de desempenho da qualidade de água tratada, abrangia cerca de 70 parâmetros de qualidade da água. Sendo que a ferramenta também permite ao utilizador, fazer avaliação de desempenho relativos a parâmetros não previstos inicialmente na mesma (Vieira, 2009 &Vieira et al., 2009).

### 3.1.2 Segunda geração da ferramenta de cálculo automático *PASool*

Na segunda geração da ferramenta *PASool* foram adicionados mais módulos de introdução de dados e módulos de cálculos com funções diferentes dos anteriores. É composta por um módulo de inicialização, inclui também quatro módulos de introdução de dados (dois de qualidade de água e dois de dados de operação) e quatro módulos de

cálculo, correspondentes às componentes dos sistemas de avaliação de desempenho, como apresentada na figura 3.4 (Rosa et al., 2010).

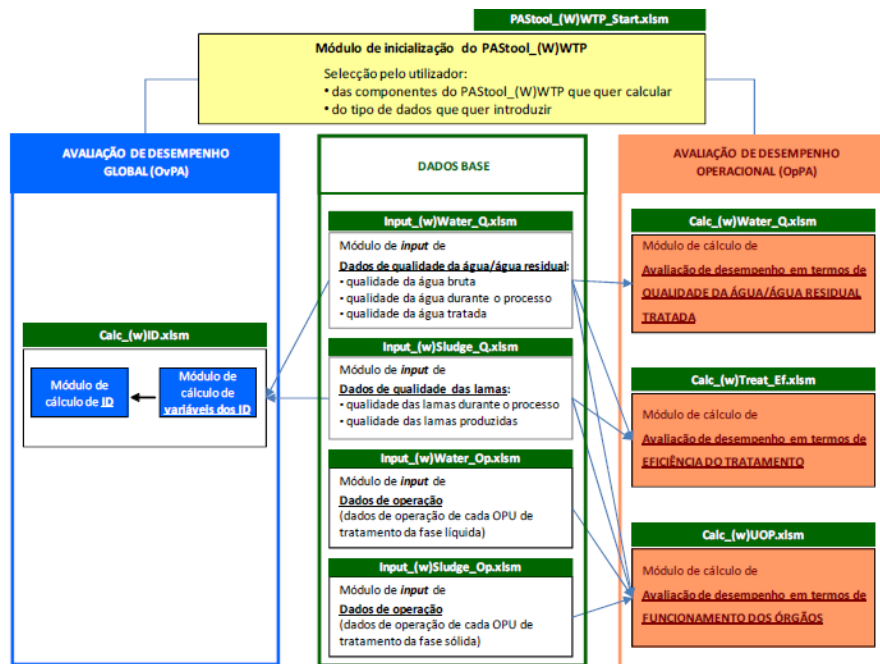


Figura 3.4 - Estrutura da ferramenta de cálculo automático PASTool para o sistema de avaliação de desempenho para ETA (2ª geração) (Rosa et al., 2010).

Os módulos *Input\_(w)Water\_Q.xlsm* e *Input\_(w)Sludge\_Q.xlsm* são utilizados para a introdução de dados de armazenamento, de qualidade de água tratada e lamas referente às várias fases do processo de tratamento (Rosa et al., 2010). Os módulos anteriormente descritos servem de base para o cálculo de índices de desempenho em termos de qualidade de água tratada através do módulo *Calc\_(w)Water\_Q.xlsm* e através do *Calc\_(w)Treat\_Ef.xlsm* para calcular a eficiência de tratamento. Alguns dos dados processados nos módulos *Input\_(w)Water\_Q.xlsm* e *Input\_(w)Sludge\_Q.xlsm* são utilizados pelo módulo *Calc\_(w)UOP.xlsm* que tem a função de avaliar o desempenho em termos de funcionamento dos órgãos. Os dados relativos à qualidade da água tratada são também utilizados no módulo *Calc\_(w)ID.xlsm*, que calcula indicadores de desempenho (Rosa et al., 2010).

Na figura 3.5 são apresentadas algumas das folhas no módulo de introdução de dados de qualidade de água *Input\_Water\_Q.xlsm*. A folha “OPU” destina-se à seleção das OPU existentes na ETA para configuração das folhas de introdução de dados de qualidade de água. Esta folha contempla, por defeito, várias operações/processos unitários de tratamento de água e permite inserir outras não previstas (Rosa et al., 2010). A folha

“Parâmetros” destina-se à seleção dos parâmetros de qualidade da água a inserir nas folhas de introdução de dados (Rosa et al., 2010).



Figura 3.5 - Screenshots do módulo de introdução de dados de qualidade da água *Input\_Water\_Q.xlsm* do *PAStool\_WTP* (Rosa, 2010).

Os módulos *Input\_(w)Water\_Op.xlsm* (figura 3.5 e figura 3.6) e *Input\_(w)Sludge\_Op.xlsm* introduzem os dados relativos ao armazenamento de dados de operação que servem de base ao cálculo de índices de desempenho em termos do funcionamento dos órgãos através do módulo *Calc\_(w)UOP.xlsm*. Nestes módulos encontra-se uma folha “OPU” que serve para selecionar as OPU existentes na instalação e para configurar as folhas de introdução de dados de operação correspondentes às OPU. Nas folhas de introdução de dados deve ser selecionado o tipo de operação. Cada folha encontra-se dividida em duas partes: uma onde constam os parâmetros operacionais a calcular, como por exemplo, tempo de retenção hidráulico, e na segunda onde se encontram os dados de base que suportam o cálculo desses parâmetros operacionais, exemplo disso é o volume do órgão e o caudal de água (Rosa et al., 2010).

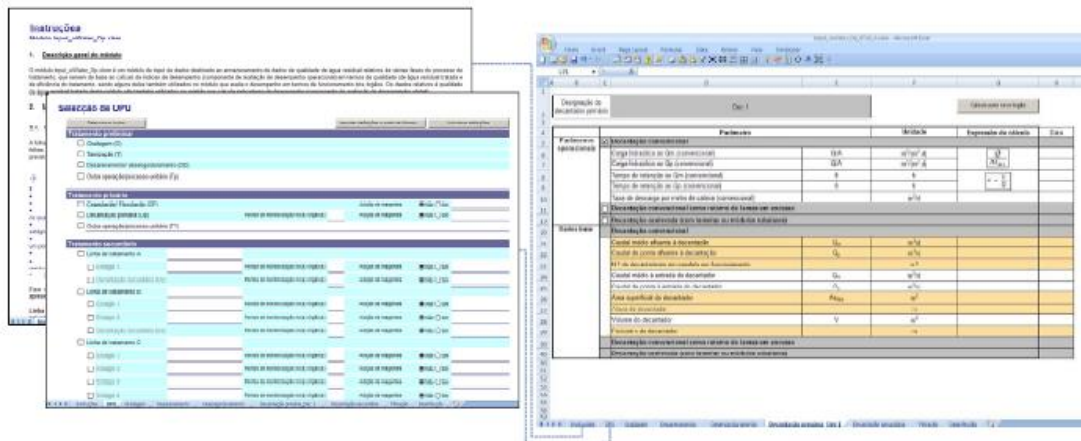


Figura 3.6 - Screenshots do módulo de introdução de dados de operação *Input\_wWater\_Op.xlsm* do *PAStool\_WWTP* (Rosa et al., 2010)

O *Calc\_(w)tID.xlsm* é um módulo de inserção de dados e cálculo de indicadores de desempenho. Assim sendo, este módulo possibilita o cálculo de indicadores de desempenho da componente de Avaliação de Desempenho Global (OvPA) através dos dados de base carregados pelo mesmo módulo e da importação automática dos dados de qualidade de água tratada *Input\_(w)Water\_Q.xlsm* e de lamas *Input\_(w)Sludge\_Q.xlsm*, o último módulo indicado, encontra-se dividido por três folhas (Rosa et al., 2010).

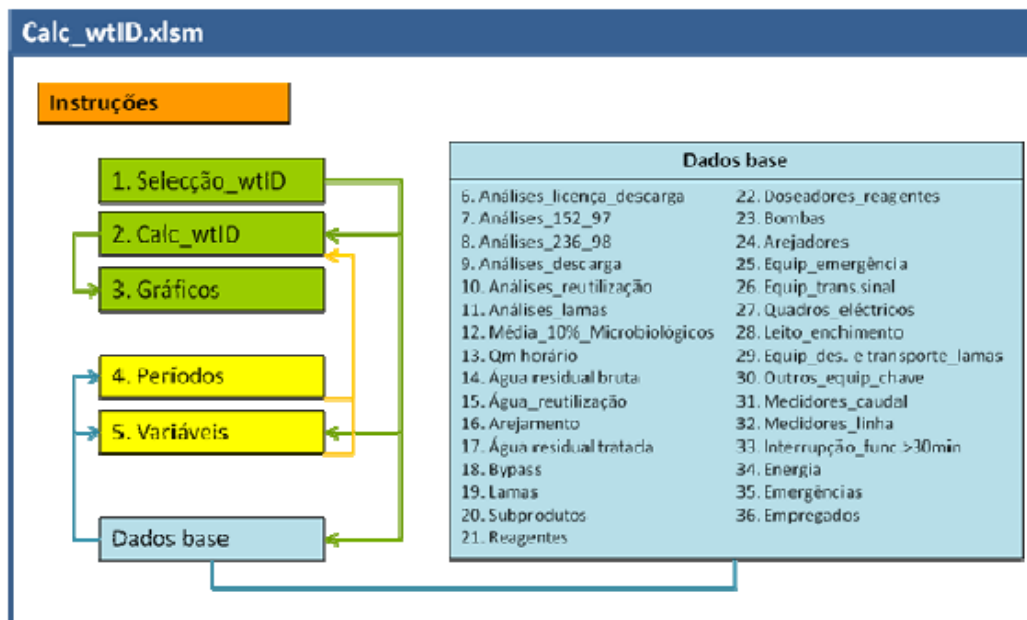


Figura 3.7 - Estrutura do módulo de cálculo dos indicadores de desempenho globais *Calc\_WtID.xlsm* (Rosa et al., 2010)

A folha “Seleção\_wtID” destina-se à seleção dos indicadores de desempenho e do seu cálculo individualizado, como por exemplo, por parâmetros, reagentes, meios de enchimento, fase líquida/fase sólida para configuração das folhas *Calc\_wID* e

“Variáveis”. A folha *Calc\_wtID*, figura 3.7, é para o cálculo dos indicadores de desempenho selecionados na folha indicada anteriormente. Esta folha encontra-se organizada por domínios de avaliação de desempenho e inclui a seguinte informação relativa a cada ID: código e nome do indicador, unidade em que é expresso, expressão de cálculo na forma de escrita e através de códigos das variáveis e resultados obtidos no período analisado. As variáveis para o cálculo dos ID podem ser introduzidas diretamente na folha “Variáveis” ou podem ser calculadas a partir de dados de base introduzidos noutras folhas existentes no mesmo módulo. Esta folha encontra-se organizada por categoria da variável (volumes de água e cargas, infraestruturas, operação e manutenção, subprodutos, segurança, recursos humanos, recursos económico-financeiros e apoio ao planeamento e projeto) e inclui a seguinte informação relativa a cada variável: código e nome da variável, unidade em que é expressa, códigos dos indicadores em que são usadas, resultados obtidos no período analisado e folhas auxiliares ao seu cálculo (Rosa et al., 2010).

## **3.2 Escolha e caracterização dos indicadores**

### **3.2.1 Seleção de indicadores**

Como já visto anteriormente, a ferramenta *PASTool* é composta por cerca de 80 indicadores de desempenho.

A empresa Águas do Algarve, S.A. propôs para esta dissertação fazer um teste da ferramenta *PASTool* através da seleção de um pequeno conjunto de indicadores de desempenho, com o objetivo de aprofundar o conhecimento do desempenho das suas ETA, após os estudos anteriores (Silva, 2007; Vieira 2009) e manter a avaliação de desempenho das suas ETA.

O interesse na utilização desta ferramenta resulta da possibilidade de verificar e analisar cada processo unitário de tratamento da linha de tratamento de água das ETA e mostrar se estes estão a funcionar com o desempenho esperado, para que a Entidade Gestora das ETA possa prever e antecipar problemas de modo a resolvê-los, de uma forma mais fácil e automática, porém para esta dissertação os indicadores apenas serão aplicados à etapa final, à água tratada, lamas e reagentes.

Inicialmente foram selecionados um conjunto de indicadores de desempenho, com base nos estudos anteriores (Silva, 2007; Vieira 2009) e nos resultados obtidos no âmbito da iniciativa *PAS21*, posteriormente com o apoio da Águas do Algarve S.A., selecionou-se

um conjunto de indicadores de desempenho chave, representado por 16 indicadores de desempenho, os quais representam - todos os domínios de avaliação (Qualidade da água tratada, Eficiência e fiabilidade, Utilização de água, Energias e materiais, Gestão de subprodutos, Recursos humanos, Recursos económico-financeiros e Segurança). Por cada domínio de avaliação foram escolhidos entre um a três indicadores de desempenho, sendo selecionados mais indicadores de desempenho nos domínios de avaliação que se mostram mais importantes para as ETA em estudo, Tavira e Beliche, de acordo com o conhecimento existente e a necessidade de avaliação.

Para se efetuar a escolha dos indicadores foram realizados alguns passos. Numa fase inicial analisaram-se os trabalhos já realizados nesta área (Silva, 2007; Vieira, 2009), com a mesma ferramenta, observaram-se os resultados e através dos mesmos escolheu-se os indicadores de desempenho que se adequassem mais às ETA em estudo. Por cada domínio de avaliação pretendia-se que existissem entre três a quatro indicadores de desempenho para uma posterior avaliação e melhoramento da escolha dos mesmos.

Ao analisar os resultados dos dois trabalhos referidos, verificou-se que havia indicadores de desempenho que se mantinham constantes ao longo do período de tempo analisado. Assim, esses não seriam para manter, pois não seria possível fazer observações diferentes das anteriores e verificar a evolução do desempenho das ETA em estudo ao longo do tempo e eventuais oportunidades de melhoria. A escolha de indicadores teve como critério principal a sua variação ao longo do tempo.

Foram então selecionados quatro indicadores do domínio de avaliação da qualidade da água tratada que têm como objetivo avaliar o desempenho da ETA em termos de cumprimento dos critérios estabelecidos da entidade gestora da ETA à saída da ETA.

No domínio de avaliação de eficiência e fiabilidade, foram escolhidos dois indicadores de desempenho. Este domínio de avaliação tem como objetivo avaliar a ETA em termos de produção de água através da tecnologia existente e a forma como a mesma se adapta à variação da quantidade de água a tratar.

Para o domínio de avaliação de utilização de água, energia e materiais foram escolhidos quatro indicadores, e este domínio tem como função avaliar a eficiência da utilização dos recursos naturais e o consumo de matérias-primas na ETA. Neste domínio escolheu-se todos os indicadores referentes aos reagentes para se poder analisar o nível de consumo de todos.

No que se refere ao domínio de gestão de subprodutos foi escolhido um indicador, sendo que este domínio tem como função avaliar a produção de resíduos e a geração de águas residuais de processo durante o tratamento de água para consumo humano que podem ser potenciais causadores de impactes negativos no ambiente, assim como a adequação da sua gestão.

A respeito do domínio de segurança não foi escolhido nenhum indicador de desempenho pois ao longo dos anos de funcionamento das ETA nunca ocorreu qualquer acidente de trabalho relacionado com a operação.

No que se concerne ao domínio de recursos humanos foi selecionado um indicador, este domínio tem como função avaliar a disponibilidade, adequação da sua qualificação académica, formação profissional e o nível de absentismo do pessoal da ETA.

Por fim, para o domínio económico-financeiro foram escolhidos dois indicadores de desempenho, com o objetivo de avaliar as ETA a nível de custos relacionados com os gastos de reagentes e de resíduos (lamas de ETA).

Após a seleção dos indicadores chave, iniciar-se-á o tratamento do histórico de dados. Os mesmos serão tratados e editados de forma a que posteriormente possam ser inseridos na ferramenta *PAStool* e calcular os indicadores. Após o tratamento de dados passar-se-á à ambientação com a ferramenta, conhecer os módulos onde se terá de inserir os dados e as várias funcionalidades da mesma, após este passo, iniciar-se-á a inserção de dados na ferramenta para o posterior cálculo dos indicadores e a sua representação gráfica.

## **3.2.2 Indicadores de desempenho selecionados**

### **3.2.2.1 *tWQ01 – Conformidade dos resultados das análises***

O indicador de desempenho *tWQ01* faz parte dos critérios de avaliação de cumprimento dos pré-requisitos de qualidade da água à saída da ETA. Este indicador avalia todos os parâmetros que possam vir a comprometer a qualidade da água à saída da ETA. É importante a utilização deste ID para avaliação de vários parâmetros: microbiológicos, químicos e indicadores que se não forem controlados podem comprometer a qualidade da água à saída da ETA. Estes parâmetros devem encontrar-se abaixo dos valores prescritos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto e da recomendação da ERSAR 2008 a 2011.

Expressão de cálculo:

*Equação 1*

$$\frac{\text{Análises conformes com os critérios de qualidade definidos pela EG (nº)}}{\text{Análises realizadas à água tratada (nº)}} \times 100$$

### 3.2.2.2 *tWQ02 - Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave*

Este indicador de desempenho tem com função avaliar sete parâmetros-chave: ferro, manganês, turvação, alumínio, THM, bromato e bactérias coliformes na água à saída da ETA. Deve-se avaliar estes parâmetros pois os seus valores, na água com destino para consumo humano, devem encontrar-se em conformidade com os valores registados no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto e na recomendação da ERSAR 2008-2011. A água que se destina para abastecimento público não deve ultrapassar os valores estabelecidos na lei, pois assim deixa de ser uma água de qualidade, notando-se que estes sete parâmetros podem vir ser muito prejudiciais para a saúde humana.

Expressão do cálculo:

*Equação 2*

$$\frac{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvaçãõ, THM, bromato e bactérias coliformes com os valores limite (nº)}}{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvaçãõ, THM, bromato e bactérias coliformes realizadas (nº)}} \times 100$$

### 3.2.2.3 *tWQ05 – Qualidade da água tratada em cloro residual mínimo no(s) ponto(s) de entrega/consumo*

O objetivo do indicador de desempenho tWQ05 é avaliar a quantidade de cloro residual mínimo nos pontos de entrega da água para consumo humano. Os valores de cloro residual na água no ponto de entrega, tem de estar dentro dos valores prescritos no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto e da recomendação da ERSAR 2008-2011. Este indicador foi selecionado, pela Águas do Algarve, pois na sua linha de tratamento tenta cada vez mais reduzir a quantidade de cloro que é adicionada na sua desinfeção, apenas o necessário para eliminar os microrganismos patogénicos. Desta forma é preciso verificar se o cloro adicionado aquando a desinfeção é o suficiente para que nos pontos de entrega se encontre um cloro residual livre de 0,2 a 0,6 mg/l.

Expressão de cálculo:

*Equação 3*

$$\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais baixos de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) - \text{VLmínimo de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{\text{VLmínimo de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} \times 100$$

### 3.2.2.4 *tWQ07 – Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo*

Este indicador tem como finalidade avaliar a concentração de trihalometanos (THM) na água nos pontos de entrega ou consumo. Os THM são compostos muito prejudiciais para a saúde humana e com característica percussora na sua composição, sendo importante

analisar o valor de THM máximos nos pontos de entrega de água para consumo humano de forma a verificar se os mesmos se encontram em conformidade com os valores legislados no Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto e na recomendação da ERSAR 2008-2011.

Expressão de cálculo:

Equação 4

$$\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais elevados de THM } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{l}}\right)}{Vl_{THM} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{l}}\right)} \times 100$$

### 3.2.2.5 tER34 – Calibração de doseadores de reagentes

A respeito do indicador de desempenho de calibração de doseadores de reagentes tem como função verificar se os doseadores de reagentes estão a funcionar de forma correta. Nos processos de tratamento das ETA é necessário analisar se a quantidade de reagente que os doseadores estão a inserir nos mesmos são as corretas, se existe um doseamento superior ao necessário estabelecido pela entidade gestora ou se pelo contrário o valor doseado é inferior. Pois o doseamento de reagente a mais pode aferir um custo maior para ETA e um doseamento a menos pode prejudicar o tratamento da água. Caso os doseadores de reagentes não estejam a funcionar de forma correta será necessário realizar calibrações.

Expressão de Cálculo:

Equação 5

$$\frac{\text{Calibrações de doseadores de reagentes } (n^{\circ}) \times 365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right) \text{ Período de referência } (d)}{\text{Doseadores de reagentes } (n^{\circ})}$$

### 3.2.2.6 tER41 – Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (> 30 minutos)

O indicador de desempenho tER41 servirá para avaliar com que frequência ocorre interrupções superiores a 30 minutos no funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros. É importante determinar a frequência destas interrupções, pois estes equipamentos são importantes para a linha de tratamento de água, referentes à pré-oxidação e à desinfecção.

Expressão de cálculo:

Equação 6

$$\frac{\text{Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros } (> 30 \text{ min}) (n^{\circ}) \times \frac{365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right)}{\text{Período de referência } (d)}}{\text{Geradores ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (não contabilizando os de reserva)} (n^{\circ})}$$

### 3.2.2.7 *tER48 – Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes*

Este indicador de desempenho avalia a frequência de interrupções no funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes. Deve-se verificar com que frequência este tipo de interrupções ocorre para conseguir antecipar este problema e evitar as falhas de reagentes nos tratamentos e consequentemente paragem nos tratamentos.

Equação 7

$$\frac{\text{Tempo que a ETA esteve fora de serviço devido a falhas de reagentes (h)} \times 365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right)}{\text{Período de referência (d)}}$$

### 3.2.2.8 *tRU03 – Consumo de energia*

Mede a evolução do consumo de energia no período de tempo selecionado. Através desta avaliação é possível, na ETA, olhar para os vários locais onde se gasta energia elétrica e gerir melhor essa energia com vista à sua poupança.

Expressão de cálculo:

Equação 8

$$\frac{\text{Energia consumida (kWh)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$$

### 3.2.2.9 *tRU04 – Consumo de oxidantes*

O indicador de desempenho consumo de oxidantes tem como objetivo avaliar o consumo específico de reagentes na ETA, em particular de oxidantes. Através deste indicador é possível verificar a evolução de consumo de oxidantes na ETA.

Expressão de cálculo:

Equação 9

$$\frac{\text{Oxidantes consumidos (kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$$

### 3.2.2.10 *tRU05 – Consumo de ácidos e bases*

O objetivo do indicador de desempenho tRU05 é avaliar o consumo específico de reagentes na ETA, em particular de ácidos e de bases que se destinam a efetuar ajustes de pH ou regeneração, como por exemplo de resinas iónicas. É importante saber a quantidade de ácido e de base utilizados no tratamento de água nas ETA para que se possa ter sempre uma reserva. Avaliar os consumos dos mesmos também é importante pois através desta avaliação é possível verificar se as dosagens utilizadas, de ácido e base, são as corretas, ou se estão a utilizar dosagens muito elevadas ou baixas.

Expressão de cálculo:

Equação 10

$$\frac{\text{Ácidos e bases consumidas (eq.)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$$

### **3.2.2.11 tRU06 – Consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes**

O indicador de desempenho tRU06 tem por objetivo avaliar o consumo específico de reagentes na ETA, em particular de coagulantes, floculantes e outros reagentes, como por exemplo sal para regeneração de resinas. Deve-se saber o valor de consumos deste tipo produtos no tratamento de água, para que possam ter uma reserva dos mesmos e para saberem quando é que é necessário adquiri-los. Através deste indicador também se poderá verificar onde são mais utilizados, ou se os mesmos estão a ser utilizados em excesso ou por defeito, conseguindo-se assim ajustar da, melhor forma, o tratamento de água.

Expressão de cálculo:

Equação 11

$$\frac{\text{Coagulantes, floculantes e outros reagente(s) consumido(s)(kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$$

### **3.2.2.12 tRU07 – Reposição/substituição de meios de enchimento**

O indicador desempenho tRU07 tem como função avaliar o consumo de meios de enchimento na ETA por necessidade de reposição e/ou substituição. Este indicador faz ver a Entidade Gestora de uma ETA, em percentagem ano as vezes que os meios de enchimento, como areia, carvão ativado granulado (GAC), resinas de permuta iónica, entre outros devem ser substituídos.

Expressão de cálculo:

Equação 12

$$\frac{\text{Meio de enchimento novo para a reposição ou substituição } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ano}}\right)}{\text{Meio de enchimento de todos os órgãos (m}^3\text{)}} \times 100$$

### **3.2.2.13 tBP01 – Produção de lamas**

Este indicador tem como objetivo avaliar o nível de produção de lamas na ETA, potenciais causadoras de impactes ambientais e com reflexos nos gastos com tratamento. É importante saber a quantidade de lamas produzidas ao longo do processo de tratamento da água para consumo humano, de forma a ter um local adequado para acondicionar e tratar as lamas e para poder entender a relação produção de lamas, consumo de reagentes e a quantidade de água tratada.

Equação 13

$$tBP01.1 \text{ (quando a turvação da água bruta é menor que 10 UNT)} = \frac{\text{Lamas produzidas (kg)} \times 1000}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$$

### 3.2.2.14 *tPe01 – Pessoal afeto ao tratamento*

O indicador de desempenho relativo ao pessoal afeto ao tratamento avalia a disponibilidade de recursos humanos da ETA, ou seja, da existência adequada de um número adequado de empregados, para o trabalho disponível existente e durante quanto tempo os mesmos se encontram no mesmo tipo trabalho. A mudança regular dos empregados do local trabalho pode ser prejudicial para a ETA.

Equação 14

$$\frac{\text{Empregados equivalentes a tempo inteiro (n}^{\circ}\text{)} \times \text{Período de referência } \frac{d}{365} \left( \frac{d}{\text{ana}} \right)}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^8$$

### 3.2.2.15 *tFi06 – Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento*

Este indicador divide-se em dois sub-inidcadores, o tFi06.1 e o tFi06.2 que avaliam a evolução da ETA em relação ao gasto com aquisição de reagentes e meios de enchimento, o primeiro em função do volume de água trata e o segundo em função dos gastos operacionais ajustados. A entidade gestora da ETA necessita de um controlo rigoroso dos gastos ao longo do tempo.

Expressão de cálculo:

Equação 15

$$tFi06.1 = \frac{\text{Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento (Euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$$

Equação 16

$$tFi06.2 = \frac{\text{Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento (Euro)}}{\text{Gastos operacionais ajustados (Euro)}} \times 100$$

### 3.2.2.16 *tFi07– Gastos com deposição/valorização de subprodutos*

Por fim, o indicador de desempenho tFi07 divide-se em dois sub-indicadores, o tFi07.1 e o tFi07.2, e tem como objetivo avaliar os gastos com a deposição/valorização de subprodutos, o primeiro em função do volume de água tratada e o segundo em função dos gastos operacionais ajustados. A gestão da deposição e valorização de subprodutos pode originar poupanças importantes na deposição/valorização de subprodutos.

Expressão de cálculo:

Equação 17

$$tFi07.1 = \frac{\text{Gastos com deposição ou valorização de subprodutos (euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$$

Equação 18

$$tFi07.2 = \frac{\text{Gastos com deposição ou valorização de subprodutos (euro)}}{\text{Gastos operacionais ajustados}} \times 100$$

### 3.3 Caracterização dos Casos de Estudo

A ferramenta de avaliação de desempenho *PAStool* será aplicada a duas estações de tratamento de água, à ETA de Tavira e à ETA de Beliche num período temporal de cinco anos (2011 a 2015) para uma avaliação mais pormenorizada.

#### 3.3.1 A instituição Águas do Algarve S.A.

A empresa Águas do Algarve, SA caracteriza-se por ser uma organização de carácter e identidade regional, cujos capitais são unicamente públicos resultando de uma parceria societária estabelecida entre as 16 Câmaras dos Concelhos do Algarve e Águas de Portugal, SGPS. Esta foi criada em agosto do ano de 2000 por associação de duas empresas, a Águas do Barlavento Algarvio SA e a Águas do Sotavento Algarvio SA (Águas do Algarve S.A., 2009).

A Águas do Algarve é responsável pelo abastecimento público de água em alta em todo o Algarve, cerca de 450.000 habitantes na época baixa, chegando a um milhão e meio de habitantes na época alta (Águas do Algarve S.A., 2009).

O principal objetivo é garantir o abastecimento de água para consumo humano com uma boa qualidade e em quantidade suficiente de modo a garantir os consumos dos concelhos servidos e também o tratamento de águas residuais urbanas dos mesmos, seguindo sempre os elevados padrões ambientais. A Águas do Algarve, S.A. tem uma tarifa por estes serviços prestados aos Municípios do Algarve (Águas do Algarve S.A., 2009).

A Águas do Algarve é uma empresa certificada em Ambiente, Qualidade e Segurança e Responsabilidade Social, a qual dispõe de um laboratório próprio para que possa monitorizar de uma forma contínua os seguintes critérios (Águas do Algarve S.A., 2009):

- A qualidade de água fornecida;
- A qualidade dos efluentes tratados nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR);
- As qualidades das águas naturais (subterrânea e superficial).

No ano de 2006, o laboratório da AdA conseguiu acreditação pelo Instituto Português da Acreditação (IPAC), segundo a Norma NP EN ISO/ICE 17025:2005, com o Certificado de Acreditação nº L04000, a que correspondem os Anexos técnicos nº L0400-1 e nº L0400-2. O laboratório foi acreditado para a realização de cerca de 100 parâmetros, que correspondem a cerca de 187 técnicas de análise (AdA, 2009).

O controlo da qualidade de água para consumo humano é realizado de forma a cumprir a Legislação nacional aplicável aos diversos tipos de matrizes de água, como as orientações da Organização Mundial de Saúde, e desde o 2007, as especificações da certificação em segurança alimentar (ISO 22000) e a certificação do produto “Água para Consumo Humano na variante Sistemas de Abastecimento Público em Alta” pela Recomendação ERSAR nº 02/2011 (AdA, 2009).

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve (SMAAA) é constituído por quatro infraestruturas principais, as Estações de Tratamento de Água (ETA), nomeadamente a ETA de Alcantarilha, a ETA de Beliche, a ETA das Fontainhas e a ETA de Tavira, para além da rede em alta (AdA, 2009).

### **3.3.2 ETA de Tavira**

A ETA de Tavira pertence ao sistema de abastecimento de água do Sotavento Algarvio e situa-se no concelho de Tavira. A capacidade máxima de produção de água potável é de 190.000 m<sup>3</sup>/dia, repartida por duas fases de 95.000 m<sup>3</sup>/dia cada (AdA, 2009). A água que se encontra na ETA é proveniente de águas superficiais, albufeira de Odeleite e do Beliche (AdA, 2009). A água tratada nesta estação destina-se à distribuição em alta aos concelhos de Alcoutim, Castro Marim, Faro, S. Brás de Alportel, Tavira e Vila Real de Santo António (AdA, 2009). A linha de tratamento presente nesta ETA é composta pelos seguintes processos operações e unitários (figura 10): pré-oxidação com ozono, remineralização, adsorção por carvão ativado em pó (PAC), coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção final com cloro (AdA, 2009).

A ETA de Tavira tem uma linha de tratamento para as lamas geradas (figura 3.8) que inclui floculação, decantação, espessamento e desidratação. Esta linha de tratamento serve para evitar descarga de águas residuais do tratamento no meio hídrico, como por exemplo lamas dos decantadores e águas de lavagem dos filtros (AdA, 2009).

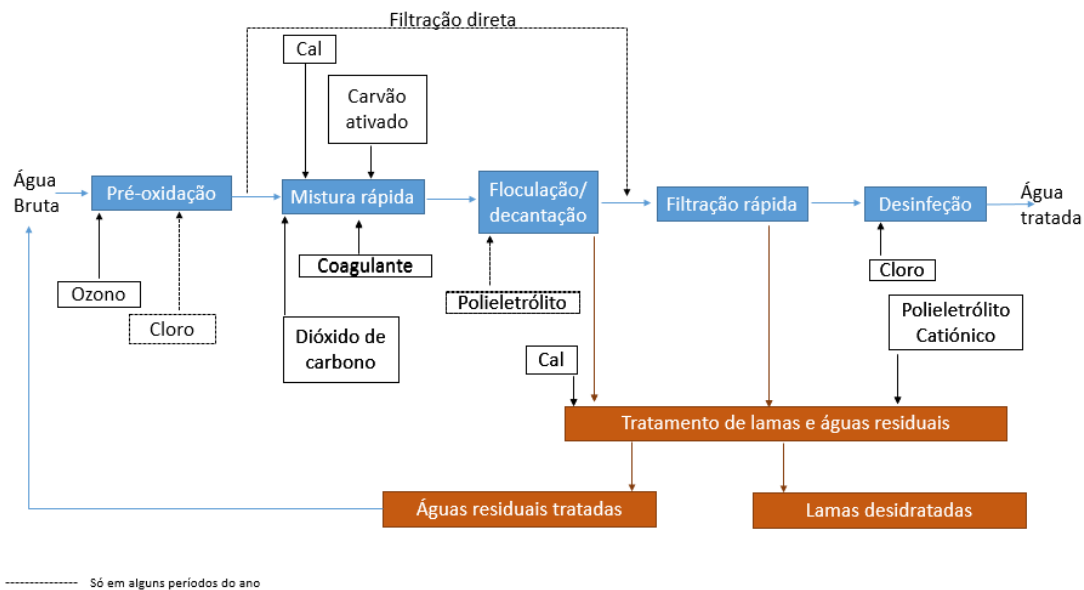


Figura 3.8 - Estrutura do módulo de cálculo dos indicadores de desempenho globais Calc\_WtID.xlsm (Rosa et al., 2010)

### 3.3.3 ETA de Beliche

Tal como a ETA de Tavira, esta também pertence ao sistema de abastecimento de água do Sotavento Algarvio, sendo abastecida pelas albufeiras de Odeleite e do Beliche (AdA, 2009). Estando a mesma localizada junto à barragem com o mesmo nome, abastece os concelhos de Alcoutim, Castro Marim e Vila Real de Santo António (AdA, 2009). A ETA de Beliche tem uma capacidade de 12.960 m<sup>3</sup>/dia, apenas com uma linha de tratamento (AdA, 2009). A linha de tratamento presente nesta ETA é composta pelos seguintes processos operacionais e unitários (figura 11): pré-oxidação com ozono, adsorção por carvão ativado em pó (PAC), coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção final com cloro (AdA, 2009).

A linha de tratamento de lamas da ETA de Beliche, (figura 3.9), é constituída por espessamento e desidratação (AdA, 2009). Após a desidratação, as lamas são conduzidas a um destino final adequado (AdA, 2009). Esta linha de tratamento foi criada, não só, para tratar os resíduos provenientes do tratamento da água, mas também para reaproveitamento das águas utilizadas no processo, que assim retomam ao início do tratamento da água (AdA, 2009).

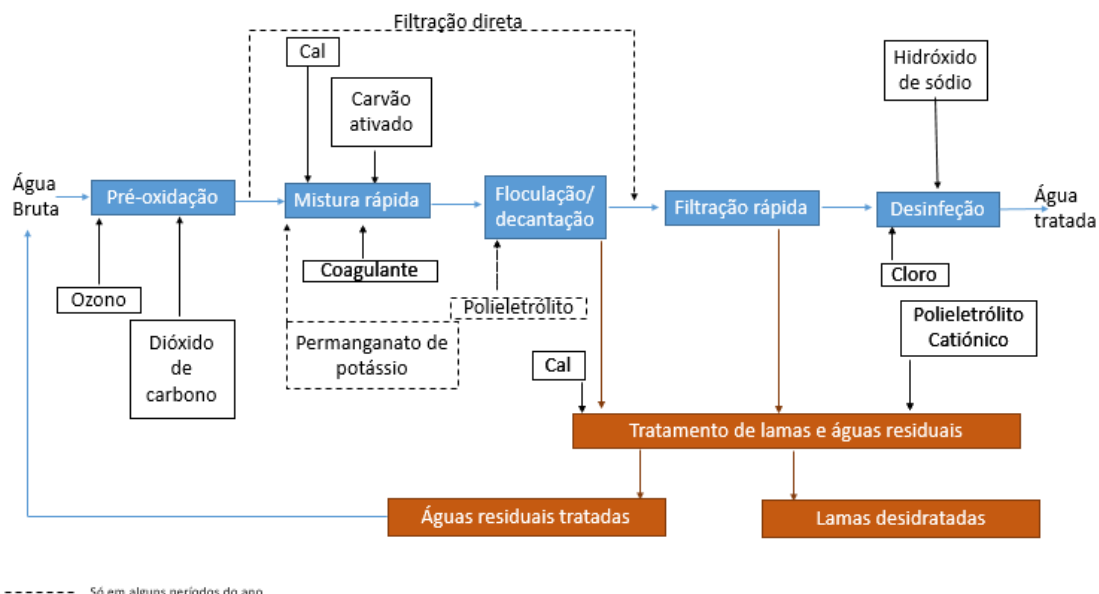


Figura 3.9 - Esquema de tratamento da ETA de Beliche (Silva, 2007).

### 3.3.4 Descrição e objetivo das operações e processos unitários do tratamento das ETA

Como apresentado nos subcapítulos anteriores, cada ETA, tem uma linha de tratamento de água para consumo humano, cada etapa de tratamento tem um objetivo e função distintos. No Quadro 3.10 será apresentado a descrição de cada etapa de tratamento e o seu objetivo.

Quadro 3.10 - Descrição e objetivo das OPU do tratamento convencional das ETA da AdA.

	Descrição	Objetivo
Pre-oxidação	Adição de um oxidante e desinfetante poderoso: - o ozono (produzido no local a partir de oxigénio líquido)	Controlo do crescimento biológico, melhoria das características organolépticas (cor, cheiro e sabor) e oxidação da Matéria Orgânica Natural (MON), micropoluentes e metais como o ferro e manganês.
Remineralização	Adição de dióxido de carbono e de cal a água com fraca alcalinidade e dureza.	Elevação dos valores de alcalinidade e dureza, para um patamar de equilíbrio na água tratada, evitando que esta apresente um carácter agressivo para as condutas (normalmente de ferro, usadas para o abastecimento de água potável ao consumidor) para que não ocorra corrosão de tubagens.
Coagulação	Consoante, as características da água de origem, poderá dosear-se carvão ativado.	Eliminação, por adsorção, de substâncias indesejáveis na água, <i>e.g.</i> , matéria orgânica natural para controlo de THM, compostos de sabor e cheiro, alguns metais e outros micropoluentes (cianotoxinas e pesticidas).

	Coagulação química nas câmaras de mistura rápida, através da adição de um coagulante (polinuclear de alumínio) com uma mistura rápida e intensa.	Destabilização da carga das partículas em suspensão e coloidais, para posterior agregação em flocos sedimentáveis.
Floculação	Mistura lenta e prolongada com adição do polieletrólito acrilamida (aniónico) na câmara de mistura rápida.	Otimização do processo de formação (agregação e crescimento) de flocos sedimentáveis.
Decantação	Efetuada nos decantadores-espessadores do tipo lamelar (PULSATOR® na ETA de Tavira) Sedimentação gravítica das partículas sólidas em suspensão no fundo dos decantadores, de onde os sólidos acumulados são conduzidos para o tratamento de lamas.	Remoção da matéria suspensa (flocos), <i>e.g.</i> , turvação, Carbono Orgânico Total (COT) e metais.
Filtração	Filtração da água decantada, a uma velocidade controlada, através de um meio poroso – filtros rápidos de areia. Os filtros de areia são lavados regularmente com água e ar em contra corrente.	Remoção das partículas ainda presentes na água decantada (flocos não sedimentáveis), podendo promover a redução do número de microrganismos.
Ajuste de pH	Adição de água de cal (Tavira), soda cáustica (Beliche).	Afinação final do pH da água para corrigir o seu carácter agressivo.
Desinfeção	Adição de um desinfetante poderoso e resistente, cloro líquido evaporado.	Eliminação dos microrganismos patogénicos, a fim de garantir a qualidade bacteriológica e viruológica da água. Garantia de existência de um residual desinfetante ao longo de todo o sistema de distribuição de água.

*Retirado (Silva, 2007) Fontes: Metcalf & Eddy (1995); Cleasby & Logsdon (1999); Gregory et al. (1999); Haas (1999); Letterman et al. (1999); Singer & Reckow (1999); AdA (2005); AdA, s/d (a)(b); Simas et al. (2005).*

Os objetivos de cada processo de tratamento estão relacionados com os objetivos do sistema de avaliação de desempenho para ETA referente à qualidade do tratamento de água, neste caso o domínio de avaliação de qualidade de água tratada. Será através dos processos de tratamento que se obterá uma água com qualidade para o consumo humano. Os processos da linha de tratamento também se podem relacionar com os domínios de avaliação de eficiência e fiabilidade da ETA, utilização da água energia e materiais e gestão de subprodutos.

### **3.4 Definição do período de análise**

Para aplicação da ferramenta *PAStool* e de forma a calcular os indicadores e os índices de desempenho, foi necessário, previamente, definir um período de análise, que será um período de cinco anos, entre o ano de 2011 a 2015.

O período de cinco anos permitirá que se faça uma comparação entre os diferentes anos e observar a evolução das ETA ao longo do mesmo período, ou seja, verificar se houve alterações no desempenho das mesmas. Poder-se-á fazer uma comparação entre o período estudado (2011 a 2015) e o período anteriormente analisado pela ETA (2006 a 2009).

## 4 Análise e Discussão dos Resultados

Neste capítulo apresentam-se os resultados dos indicadores escolhidos e que foram calculados, através dos dados disponibilizados pela AdA (dados não apresentados na presente dissertação, por questões de confidencialidade), para a ETA de Tavira e de Beliche para um período de cinco anos, 2011 a 2015.

Os resultados obtidos são referentes ao cálculo dos indicadores relativos ao desempenho da avaliação global. De seguida serão apresentados os resultados dos indicadores calculados consoante o domínio a que pertencem.

### 4.1 Qualidade da água tratada

No domínio da água tratada foram selecionados quatro indicadores para avaliar as ETA em estudo, conformidade dos resultados das análises (tWQ01), conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave (tWQ02), qualidade da água em cloro residual mínimo nos pontos de entrega (tWQ05) e qualidade da água tratada em THM nos pontos de entrega (tWQ07).

A figura 4.1 apresenta os resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Tavira através dos indicadores tWQ01 e tWQ02, para o período analisado.

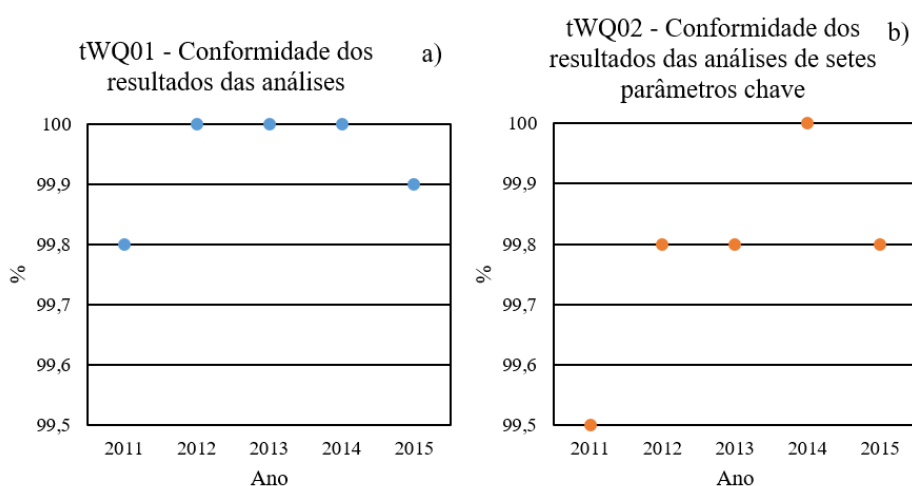


Figura 4.1 - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Tavira a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2011 a 2015.

Ao observar a figura 4.1 verifica-se que entre 2011 e 2015, a conformidade dos resultados das análises variou entre 99,8% e 100%, sendo que em três dos cinco anos do período de estudo (2012, 2013 e 2014) a conformidade dos resultados das análises foi de 100%. Em

2011 foi quando se verificou o valor mais baixo na conformidade dos resultados das análises, de 99,8%. Os parâmetros que não estiveram em conformidade, nos dois anos em que a ETA não atingiu os 100%, foram o bromato (2011 e 2015), nº de colónias a 22°C e 37°C (2011) e bactérias coliformes para os anos de 2011, sendo que os valores não conformes não foram inferiores a 98,11% como se pode observar no quadro do Anexo 3.a. Apesar de no ano de 2013 a conformidade ter sido de 100%, observou-se uma não conformidade para o parâmetro bactérias coliformes (tabela 2, Anexo 3). Os resultados observados na figura 4.1 obtêm-se através do cálculo do indicador pela equação 1 (secção 3.2.2.1)

Para a conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros chave, ferro, manganês, alumínio, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes (figura 4.1, b)), o indicador é calculado através da equação 2 (secção 3.2.2.2), os valores de conformidade variaram entre 99,5% e 100%. No ano de 2011 a conformidade teve o valor mais baixo de 99,5%, em 2014 foi atingido o valor de conformidade maior, de 100 %. Sempre que não se atingiu os 100% de conformidade, esteve presente o parâmetro bromato (2011 e 2015) e o parâmetro bactérias coliformes (2011, 2012 e 2013). Estes dois parâmetros ultrapassam os valores estipulados pelo o Decreto-Lei 306/07, de 27 de agosto, e da recomendação relativa à certificação da água para consumo humano (nº 2/2011 da ERSAR). Para o parâmetro bromato, o valor do mesmo deveria encontrar-se igual ou abaixo de 10 µg/l e para o parâmetro bactérias coliformes o valor seria de 0 N/100 na água para consumo humano à saída da ETA.

Na figura 4.2 são apresentados os valores de conformidade dos resultados das análises e da conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros chave, para a ETA de Beliche.

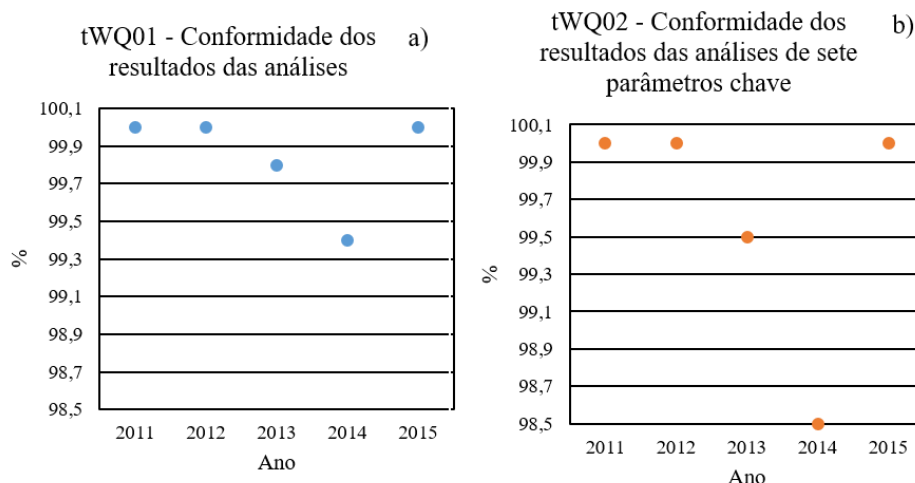


Figura 4.2 - - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Beliche a) conformidade dos resultados das análises e b) conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros chave.

A figura 4.2 a) mostra que de 2011 a 2015, a conformidade dos resultados das análises para a ETA de Beliche variou entre 99,4% e 100%. Em 2014 foi quando se observou o valor mais baixo de cumprimento da conformidade, 99,4%. Os resultados não conformes que surgiram para os anos em que a ETA de Beliche não atingiu os 100% foram sempre associados ao parâmetro alumínio. Contudo todos os valores de alumínio, do ano de 2014 que não estão conformes é em relação ao limite definido pela recomendação da certificação da água para consumo humano e não relativamente ao limite estabelecido pelo Decreto-Lei 306/07, de 27 de agosto, em que o limite estabelecido pela recomendação é metade do definido pelo decreto-lei. Já no ano de 2013, o valor do parâmetro de alumínio não conforme ultrapassa tanto o limite estipulado na recomendação como no Decreto-Lei 306/07, de 27 de agosto.

Para o indicador tWQ02, em figura 4.2 b), nos anos de 2011 a 2015 observa-se que este variou entre 98,5% e 100%. O valor mais baixo observa-se no ano de 2014, sendo o alumínio o parâmetro que não permitiu em 2013 e 2014 a conformidade de 100%, já justificado.

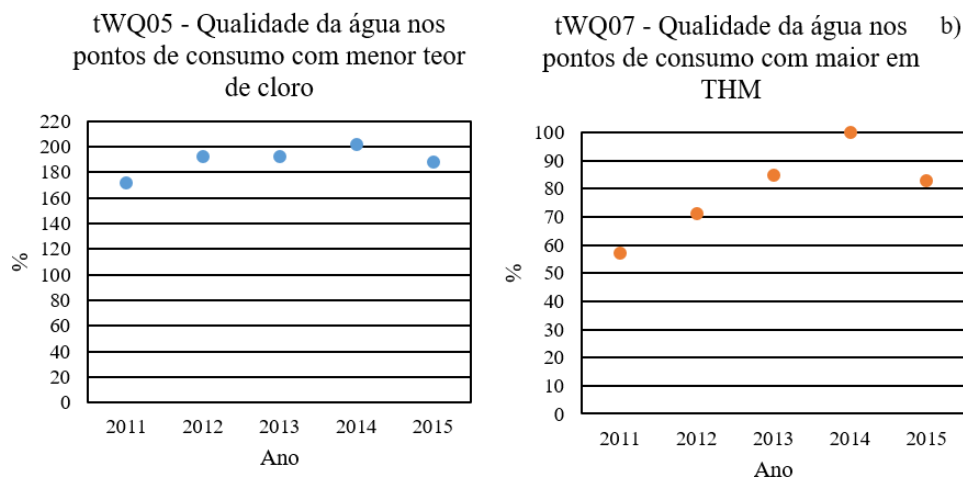


Figura 4.3-Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega, relativa à ETA de Tavira a) cloro residual mínimo e b) THM máximo, para o período de 2011 a 2015.

Os resultados relativos à qualidade da água após tratamento, nos pontos de entrega, podem ser observados através dos indicadores tWQ05 e tWQ07 que se encontram na figura 4.3 para a ETA de Tavira e na figura 4.4 para a ETA de Beliche.

Na figura 4.3 a) os valores referentes ao cloro residual mínimo nos pontos de entrega, observa-se que os valores encontram-se dentro do intervalo previsto, acima de 0% e abaixo de 400%. Para o cálculo deste indicador utilizou-se a equação 3 (secção 3.2.2.3) que demonstra que para as conformidades serem acima de 0%, a média dos 10% de valores mais baixos de cloro residual devem ser sempre acima do valor limite estabelecido no Decreto-Lei 306/07, de 27 de agosto e pela recomendação da ERSAR, de 0,2 mg/l.

Assim como se pode comprovar na figura 4.3 a), todas as conformidades foram superiores a 0%. No sistema de distribuição em alta, a conformidade não pode ser superior a 400%, pois caso isso aconteça indica que a média de 10% de valores mais baixos de cloro residual estão muito elevados. Não é o que ocorre para a ETA de Tavira, em que a conformidade se encontra entre os 0% e 400%, demonstrando que a água chega aos pontos de entrega com adequados valores de cloro residual mínimo.

Em relação aos THM nos pontos de entrega, tWQ07 (figura 4.3 b)), o indicador está a variar entre 57% e 100%. Este indicador para estar em conformidade tem de se encontrar entre 0% e 100%. O valor mais baixo de conformidade relativo ao parâmetro de THM foi no ano de 2011, de 57% e o valor mais alto registou-se no ano de 2014, de 100%. Este indicador foi calculado com base na equação 4 (secção 3.2.2.4) Assim sendo, para que este indicador esteja em conformidade a média dos 10% dos valores mais elevados tem de ser

a inferior a  $80 \mu\text{g}/\text{l}$ . Verifica-se que no ano de 2014, o indicador atinge os 100%, estando no limite da conformidade, isto deve-se a existir um valor muito mais alto que os restantes fazendo com que a média dos 10% dos valores mais altos fosse igual ao valor limite de THM estipulado na legislação em vigor, aumentando assim o valor do indicador. Neste caso apenas se verificou um valor de THM superior ao valor paramétrico definido no Decreto-Lei nº 306/07, de 27 de agosto e na recomendação da ERSAR. Apesar de o indicador apresentar um valor de 100%, não quer dizer que todos os valores de THM mais altos estejam acima do valor estipulado por lei, por vezes basta um ou dois para que a média dos 10% suba e faça com que o valor do indicador seja igual ou superior a 100%.

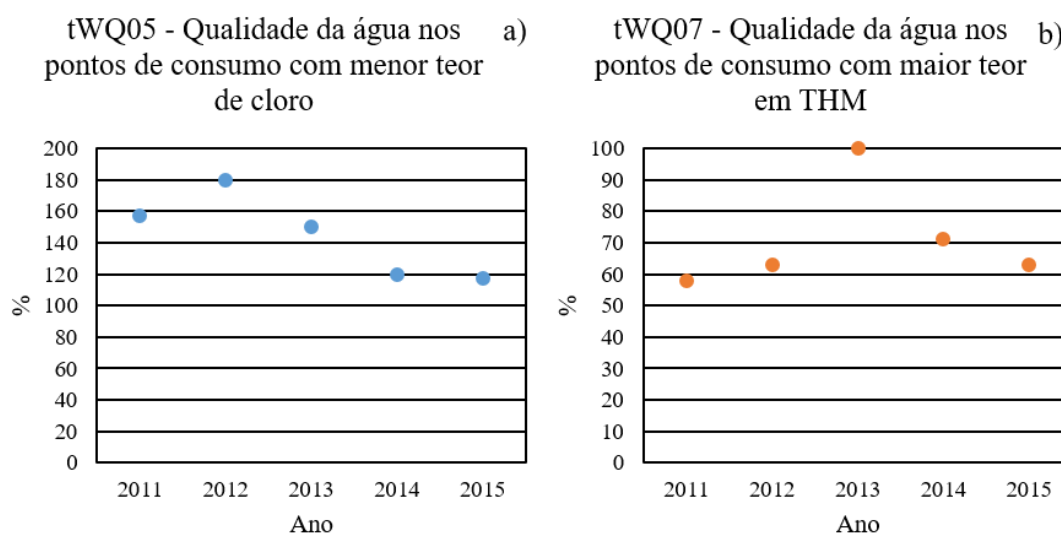


Figura 4.4 - Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega relativos à ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015, a) cloro residual mínimo e b) de THM máximo.

Na figura 4.4 a), verifica-se o cumprimento do indicador tWQ05 foi entre 120% e 180% encontrando-se dentro do intervalo de conformidade do indicador, 0% a 400%, para a ETA de Beliche para o período de 2011 a 2015. Estes resultados indicam que todos os valores que se encontram na média dos 10% dos valores mais baixos de cloro residual mínimo se encontram acima de  $0,2 \text{ mg}/\text{l}$  e que, no entanto, também não são demasiado elevados, pois não fazem com que o indicador ultrapasse os 400% indicadores para distribuição de água em alta.

Na figura 4.4 b), para os anos de 2011 a 2015, o indicador tWQ07 variou entre 60% e 100%, o menor valor registou-se em 2011 enquanto que o valor mais alto foi no ano de 2013. A conformidade deste indicador deve ser inferior ou igual a 100%, e quando atingido o valor de 100% significa que houve pontos de consumo em que os valores de THM estão acima do limite estipulado pela EG. Neste caso apenas se verificou isso num ponto de consumo.

Para o cálculo dos indicadores tWQ05 e tWQ07, para as duas ETA, utilizou-se as análises referentes ao teor de cloro residual livre mínimo e de THM feitas à água nos pontos de entrega, ao contrário dos indicadores tWQ01 e tWQ02 em que os cálculos foram feitos através das análises realizadas à água à saída da ETA. Deste modo, existe uma diferença na presença de THM no cálculo dos indicadores, pois o THM é um composto precursor, ou seja, forma-se ao longo do tempo, por isso é normal que nos pontos de entrega de água existam valores de THM superiores aos valores de THM à saída da ETA.

## 4.2 Eficiência e fiabilidade

Para este domínio foram escolhidos três indicadores: calibração de doseadores e reagentes (tER34), interrupção do funcionamento dos geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min) (tER41) e interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes (tER48). No caso da ETA de Tavira e de Beliche foram contabilizadas apenas as interrupções aos geradores de ozono e clorómetros dado que não existem reatores de dióxido de cloro em nenhuma das ETA, sendo a oxidação feita com recurso ao ozono ou com cloro gasoso em alternativa ao ozono.

Os resultados estão na figura 4.5 para a ETA de Tavira e figura 4.6 para a ETA de Beliche.

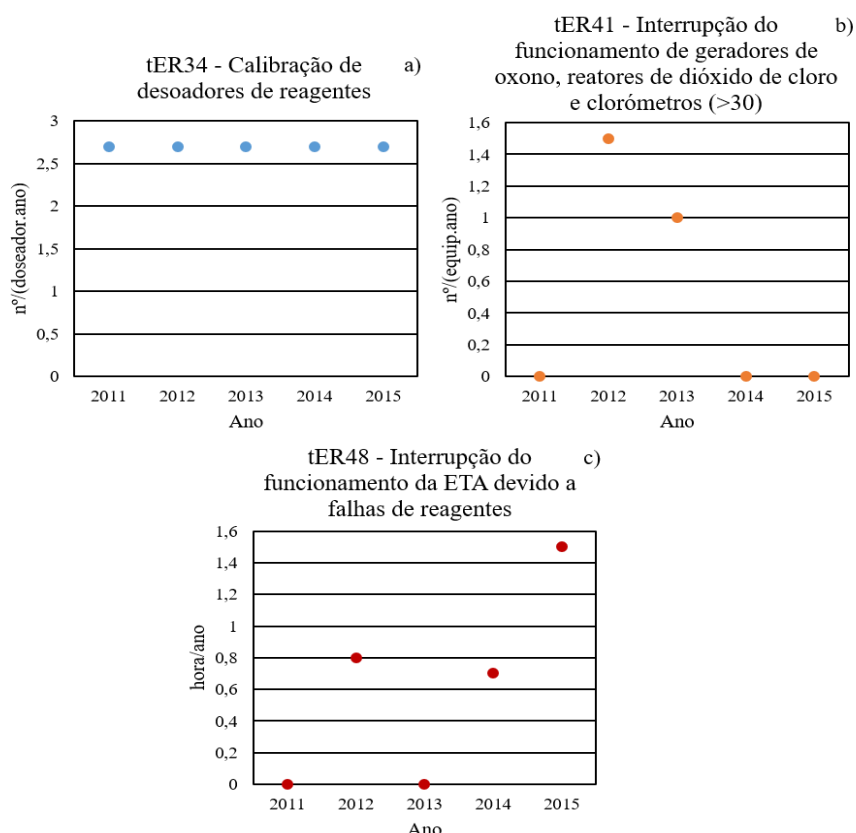


Figura 4.5 - Resultados da ETA de Tavira relativos a: a) tER34- calibração de doseadores de reagentes, b) tER41- interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min), c) tER48- interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes, para o período de 2011 a 2015.

Ao observar a figura 4.5 a) verificou-se que o indicador tER34 para calibração de doseadores de reagentes, é realizada com a mesma frequência todos os anos, de acordo com o plano previsto, pela entidade gestora, de prevenção para todos os equipamentos presentes nas instalações. Por ano os doseadores são calibrados cerca de 2,7 vezes por ano. Os resultados para este indicador foram obtidos através da equação 5 (secção 3.2.2.5).

No período de 2011 a 2015, para o indicador tER41 (equação 6, secção 3.2.2.6) mostra que ocorreram interrupções superiores a 30 minutos, nos anos de 2012 e 2013 (figura 4.5 b)). Em 2012 o número de interrupções rondou os 1,5 vezes ao ano e no ano de 2013, ocorreu uma interrupção superior a 30 minutos. Estas interrupções ocorreram devido a avarias.

Para o indicador tER48 (equação 7, secção 3.2.2.7), mostra que a ETA esteve parada devido a falha de reagentes nos anos 2012, 2014 e 2015 (figura 4.5 c)). Em 2011 e 2013 não houve interrupções da ETA de Tavira. A paragem do funcionamento da ETA de Tavira por falha de reagentes variou entre 0,7 h/ano e 1,5 h/ano (figura 4.5 c)), sendo que estas interrupções ocorreram devido a avarias nos equipamentos doseadores de reagentes e rutura em tubagens, não se tendo verificado nenhuma situação em que a ETA estivesse parada devido à falta de reagentes no stock dos mesmos.

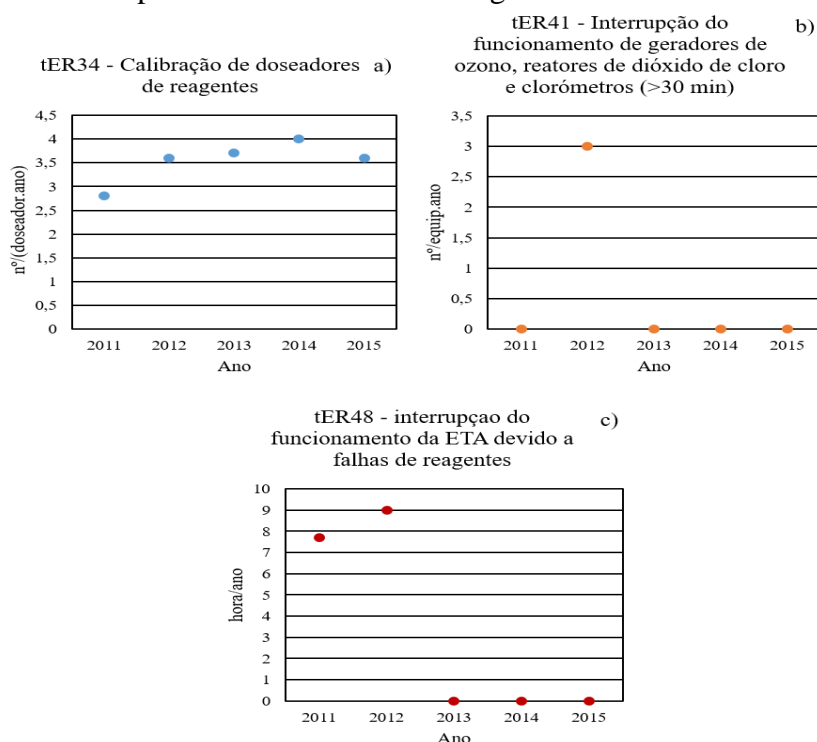


Figura 4.6 - Resultados para a ETA de Beliche relativos a: a) tER34- calibração de doseadores de reagentes, b) tER41- interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min), c) tER48- interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes, para o período de 2011 a 2015.

Ao analisar a figura 4.6 a), verifica-se que na ETA de Beliche, relativo ao indicador corresponde ao número de calibrações de doseadores de reagentes, nos anos de 2011 a 2015, variou entre 2,8 e 4 vezes ao ano. Em 2011, o indicador mostra que se realizaram menos calibrações de doseadores, cerca de 2,8, por sua vez no ano de 2014 registou-se o maior número de calibrações igual a 4. Verifica-se que o indicador de número de calibrações varia ao longo do período estudado, isto não significa que o número de calibrações de doseadores varie também. A expressão de cálculo (5, secção 3.2.2.5) mostra que o resultado deste indicador depende do período de referência (período de funcionamento da ETA). O período de referência para a ETA de Beliche não é constante, pois a mesma não funciona o mesmo número de dias todos os anos, por norma apenas funciona durante os meses mais quentes do ano, para auxiliar a ETA de Tavira, e noutro período caso ocorra algum problema na ETA de Tavira que seja necessário ativar a ETA de Beliche para auxiliar. Assim sendo, como o período de referência não é constante (variável da expressão de cálculo), diminuindo ao longo do período estudado, e como as restantes variáveis são constantes, o período de referência vai fazer com que a numerador aumento, fazendo aumentar o valor do indicador. Isto faz com que se pense que o número de calibrações aumenta, mas o que aumenta neste caso é apenas o indicador, pois o número de calibração de doseadores para a ETA de Beliche é constante no período estudado.

Na figura 4.6 b), observa-se que a ETA de Beliche no período analisado, apenas teve interrupções no ano de 2011. O indicador mostra que a ETA de Beliche sofreu três interrupções superiores a 30 minutos, para o ano de 2011. A expressão de cálculo 6 na secção 3.2.2.6, faz com que o valor do indicador, que é apresentado na figura 4.6 b), aumente, pois tal como o indicador anterior, este também depende do período de referência. Assim como o período de referência não é igual ao período anual, 365 dias, faz com que o valor do denominador aumente e consequentemente o valor do indicador. Estas interrupções ocorreram devido a devido a avarias.

Observando os resultados para o indicador tER48, na figura 4.6 c), verifica-se que na ETA de Beliche, no período analisado, a mesma esteve parada cerca de 7,5 horas/ano em 2011 e cerca de 9 h/ano no ano de 2012 devido a falhas de reagentes. Tal como os outros dois indicadores anteriores, este indicador também depende do período de referência, ou seja, o período de funcionamento da ETA, com mostra a expressão de cálculo 7 secção 3.2.2.7, a forma como se calcula o indicador, faz com que haja um aumento no mesmo, o

que faz parecer que a ETA esteve mais tempo parada do que efetivamente esteve. As interrupções do funcionamento da ETA de Beliche devido à falha de reagentes ocorreram devido a avarias nos equipamentos e rutura de tubagens e em nenhum dos casos, a interrupção do funcionamento da ETA foi por falta de reagentes no stock dos mesmos.

### 4.3 Utilização da água, energia e materiais

Para este domínio foram seleccionados cinco indicadores: consumo de energia (tRU03), consumo de oxidantes (tRU04), consumo de ácidos bases (tRU05), consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes (tRU06) e reposição de meios de enchimento (tRU07).

Não foi possível calcular os indicadores tRU05 e tRU07, o primeiro porque os reagentes utilizados estão incluídos no tRU006, pois só após a escolha dos indicadores e começar a utilizar a ferramenta *PAStool* se verificou que anteriormente os ácidos e bases tinham sido caracterizados no tRU06 e o segundo não foi calculado pois durante o período de estudo não foi feita qualquer reposição.

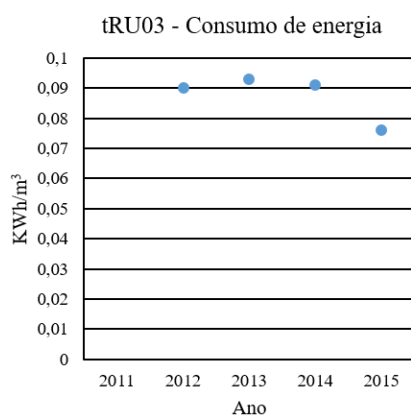


Figura 4.7 - Resultados para o consumo de energia por quantidade de água tratada, na ETA de Tavira, para o período 2011 a 2015.

Na figura 4.7 está representado o indicador tURU03 (expressão 8 (secção 3.2.2.8)) que mostra o consumo de energia por m<sup>3</sup> de água tratada. O consumo de energia nos anos de 2012, 2013 e 2014 não teve muitas oscilações. O valor do consumo de energia por m<sup>3</sup> de água tratada rondou os 0,09 KWh/m<sup>3</sup>. Em 2015 houve uma diminuição no consumo de energia, o valor baixou para cerca de 0,078 KWh/m<sup>3</sup>, pois neste mesmo ano a partir de julho entrou em funcionamento uma central fotovoltaica, construída nas instalações da ETA de Tavira, para auxiliar com os gastos de energia. A central fotovoltaica só começou a funcionar a meio do ano de 2015 e já se fez sentir uma diminuição significativa no gasto de energia da ETA. Espera-se que, nos anos seguintes ainda se faça sentir uma diferença

maior no gasto de energia. Para o ano de 2011 não existiam dados disponíveis, por essa razão não foi possível calcular o consumo de energia para esse ano.

A figura 4.8 apresenta os resultados do cálculo do indicador relativo ao consumo de energia na ETA de Beliche.

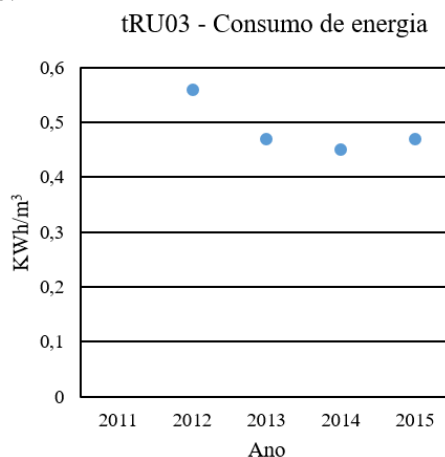


Figura 4.8 - Resultados para o consumo de energia por quantidade de água tratada, na ETA de Beliche, para o período 2011 a 2015.

Ao analisar a figura 4.8, verifica-se que a energia consumida por metro cúbico de água tratada diminuiu de 2012 para 2015, observando-se um ligeiro aumento do consumo de energia de 2014 para 2015. Em 2012, o consumo de energia por metro cúbico de água tratada foi de 0,55 KWh/m<sup>3</sup>, no ano de 2014 foi quando se registou o menor consumo de energia, de 0,45 KWh/m<sup>3</sup>. O ano em que se consumiu maior energia na ETA de Beliche foi em 2012, apesar de no gráfico aparecer como o ano em que se consumiu mais energia, se analisarmos individualmente os valores de energia consumida na ETA e água tratada, verificou-se que, em relação aos outros anos, a energia consumida na ETA foi menor e a água tratada também, só que como os equipamentos tem consumos fixos de energia, faz com que pareça que por metro de cúbico de água tratada consumiu-se mais energia. O ano de 2011 não apresenta qualquer valor pois não foi possível obter valores de energia consumida para este ano.

Estas diferenças de consumo de energia também podem estar associadas aos consumos fixos de energia das ETA, pois há consumos de energias que são fixos independentemente da quantidade da água a tratar, como os consumos de energia nos escritórios e outras instalações. Este indicador avalia todo o consumo de energia na ETA, não apenas o consumo de energia associado aos equipamentos que estão na linha de tratamento, mas de todos os consumos de energia existentes na ETA. Este consumo de energia é dividido pela quantidade de água tratada, o que faz variar o consumo de energia de um ano para o

outro principalmente na ETA de Beliche, pois esta não funciona o ano todo, mas consome energia todo o ano, mesmo nos meses em que não se trata água.

Para além disso, em ambas as ETA, as alterações de maior ou menor consumo de energia podem, ainda, estar relacionadas com a utilização de equipamentos que estão associados à linha de tratamento, à lavagem de filtros, dependendo da quantidade de água que se tratou e à elevação da água tratada para os pontos de entrega.

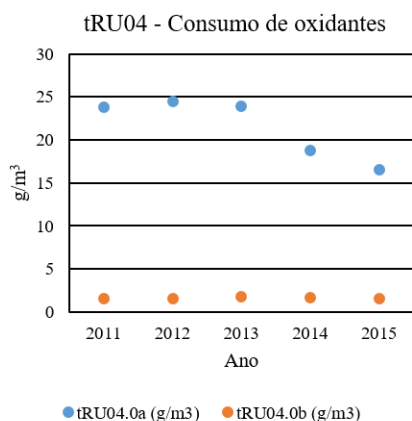


Figura 4.9 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Tavira, no período de 2011 a 2015. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b - cloro.

Na figura 4.9 está representado o consumo de oxidantes por  $m^3$  de água tratada na ETA de Tavira, para os anos de 2011 a 2015. O consumo de oxigénio (tRU04.0a) foi constante de 2011 a 2013, porém no ano de 2014 e 2015 o consumo de oxigénio por  $m^3$  diminuiu. O valor mais alto de consumo de oxigénio rondou os  $25 g/m^3$  e o mais baixo foi de  $16 g/m^3$ . O consumo de oxigénio diminuiu nos anos de 2014 e 2015, pois no ano de 2014 houve alteração de procedimentos de trabalho na etapa de oxidação reduzindo no caudal de gás face à potência do gerador. O indicador tRU04 pode ser calculado através da expressão 9 secção 3.2.2.9.

O consumo de cloro por  $m^3$  de água tratada, no período 2011 a 2015, variou entre  $1,51 g/m^3$  (2011) e  $1,80 g/m^3$  (2013). Nos anos 2011, 2012 e 2015 o consumo de cloro esteve entre  $1,51$  e  $1,56 g/m^3$ . Nos anos de 2013 e 2014 verificou-se um aumento do consumo de cloro, na ETA de Tavira.

O consumo de oxidantes na ETA de Beliche por metro cúbico de água tratada será apresentado na figura 4.10. Os oxidantes utilizados para tratamento de água na ETA são o oxigénio e o cloro.

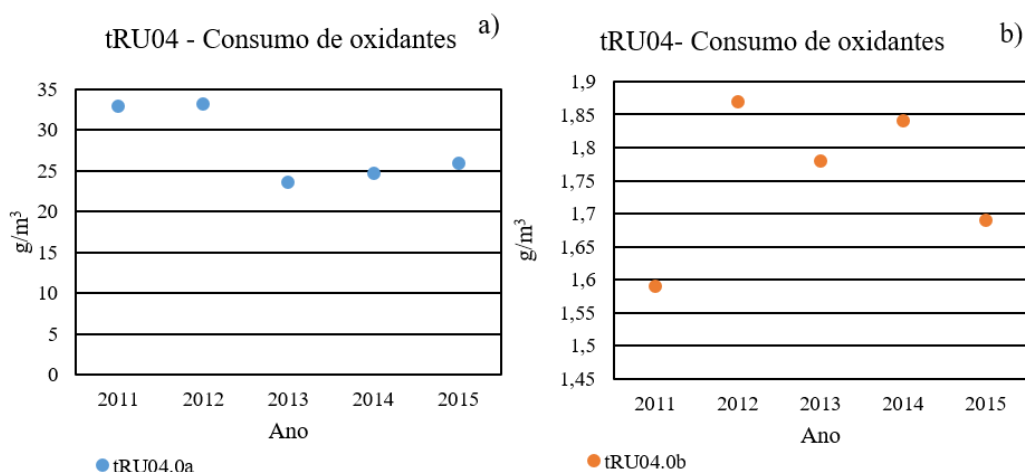


Figura 4.10 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Beliche, no período de 2011 a 2015. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b - cloro.

O consumo de oxigénio por metro cúbico de água tratada, mostra que o mesmo se manteve constante nos anos de 2011 e 2012, de 2012 para 2013 houve um decréscimo do consumo de oxigénio de  $34 \text{ g/m}^3$  para  $24 \text{ g/m}^3$ , de 2013 para 2015 o consumo voltou a aumentar de forma pouco expressiva (figura 4.10 a)). A diminuição de consumo de oxigénio que ocorreu para o ano de 2012 para 2013 ocorreu porque a qualidade da água bruta se alterou, nomeadamente em relação aos valores de turvação o que implica um menor consumo de oxigénio.

Na figura 4.10 b) observou-se que o consumo de cloro variou ao longo do período estudado, em 2011 registou-se o consumo mais baixo de  $1,59 \text{ g/m}^3$  e o maior consumo de cloro registou-se no ano de 2012,  $1,88 \text{ g/m}^3$ . No ano de 2012 o caudal de água tratado foi menor, devido a isso existe um maior tempo de retenção do mesmo na cisterna o que obrigou a uma maior taxa de tratamento, ou seja, um maior consumo de cloro, para manter a qualidade da água tratada para que a água chegue aos pontos de entrega com o valor de cloro residual mínimo segundo o Decreto-Lei 306/07, de 27 de agosto de 2007.

Na figura 4.11 estão representados os consumos de coagulantes, floculantes e outros reagentes (tRU06), utilizados na ETA para o tratamento da água. O indicador tRU06 pode ser calculado através da expressão 11 secção 3.2.2.11.

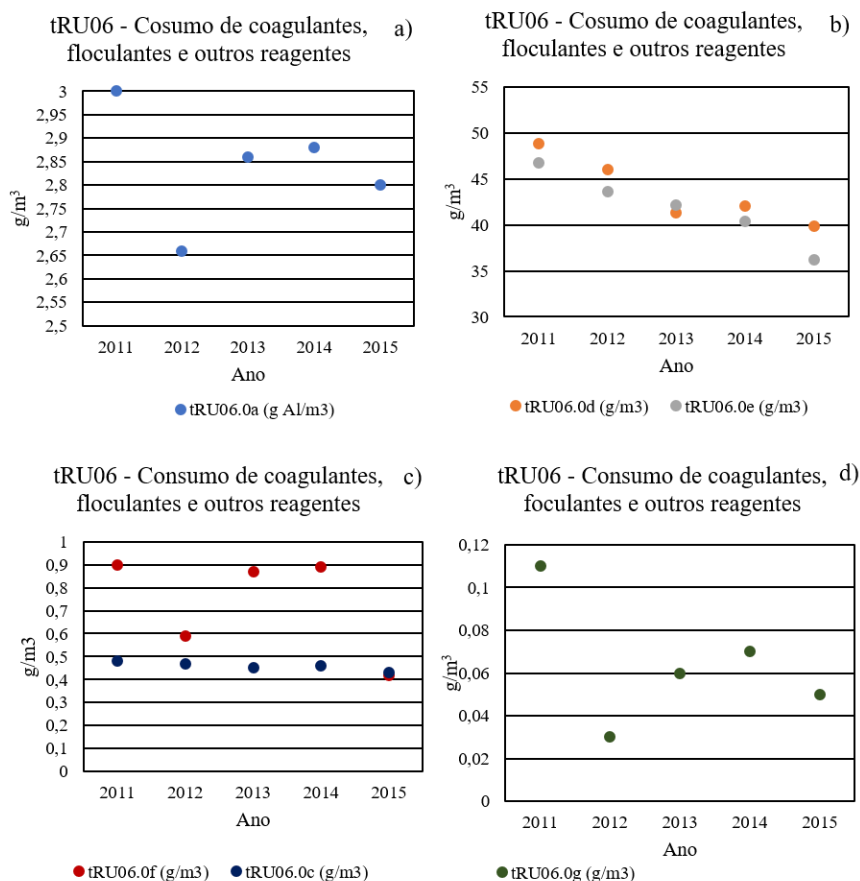


Figura 4.11- Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes na ETA de Tavira no período de 2011 a 2015: a) tRU06.0a-coagulante de alumínio, b) tRU06.0d – dióxido de carbono, tRU06.0e – hidróxido de cálcio. c) tRU06.0f - carvão ativado, tRU06.0c -azoto. d) tRU06.0g-polieletrólito.

O consumo de coagulante de alumínio (tRU06.0a) variou entre 3 g/m<sup>3</sup> e 2,8 g/m<sup>3</sup> de 2011 para 2015 (figura 4.11 a)). Nos anos de 2013,2014 e 2015 o consumo variou entre 2,85 e 2,8 g/m<sup>3</sup>, em 2012 verificou-se o valor mais baixo consumido deste reagente de 2,65 g/m<sup>3</sup>. A quantidade de coagulante de alumínio utilizada no tratamento de água para consumo humano está relacionada com as características da água bruta, especialmente com a matéria em suspensão particulada, dissolvidas na água, como NOM, ferro, manganês, microcontaminantes orgânicos, dureza e cor da água.

O consumo de dióxido de carbono (tRU06.0d) diminuiu de 2011 para 2015, em 2011 o consumo foi de 50 g/m<sup>3</sup> e no ano de 2015 foi cerca de 41 g/m<sup>3</sup> (figura 4.11 b)). A diminuição ou a oscilação no consumo deste reagente está relacionada com as características da água bruta, pois o mesmo é utilizado na remineralização da água bruta.

O principal parâmetro que influencia o consumo de dióxido de carbono é o pH de equilíbrio que se pretende atingir da água.

De acordo com a figura 4.11 b), o indicador tRU06.0e relativo ao consumo de hidróxido de cálcio diminuiu de 2011 para 2015. O valor mais alto foi de 46,76 g/m<sup>3</sup> e o valor mais baixo de 36,24 g/m<sup>3</sup>. Tal como o dióxido de carbono, o hidróxido de cálcio também é utilizado no processo de remineralização da água, ou seja, para modificar o pH da água bruta até chegar a um pH de equilíbrio. Este reagente é ainda utilizado na afinação do pH da água antes da mesma ser distribuída para os pontos de entrega. Deste modo, o consumo de hidróxido de cálcio depende das quantidades necessárias para que o pH da água bruta chegue ao pH de equilíbrio estabelecido e posteriormente na afinação de pH, antes de a água seguir para os pontos de entrega e para que as condutas não sejam degradadas, a ETA tende a estabelecer um pH básico.

Na figura 4.11 c) estão representados os consumos de azoto (tRU06.0c) e o de carvão ativado (tRU06.0f). O consumo de azoto diminuiu de 2011 para 2015, variando os valores de consumo entre 0,48 g/m<sup>3</sup> (2011) e 0,43 g/m<sup>3</sup> (2015). Esta diminuição está relacionada com as características da água bruta e com a diminuição no consumo de oxigénio, pois o azoto é utilizado como catalisador na reação de produção de ozono para a pré-oxidação. Logo como se diminuiu o consumo de oxigénio, o consumo de azoto também será menor.

O consumo de carvão ativado (tRU06.0f) variou ao longo do período de estudo. No ano de 2011, 2013 e 2014, os valores de carvão ativado consumido na ETA, variam entre os valores 0,87 e 0,90 g/m<sup>3</sup>. Nos anos de 2012 e 2015 observaram-se consumos menores de 0,60 g/m<sup>3</sup> (2012) e de 0,42 g/m<sup>3</sup> (2015). A quantidade de solução de carvão ativado utilizada no tratamento está relacionada com as características da água bruta à chegada da ETA, especialmente à presença de algas. Logo a diminuição do consumo de solução de carvão ativado nos anos de 2012 e 2015 estará relacionada com a inexistência ou baixa existência de blooms de algas.

Na figura 4.11 d) está representado o consumo de polieletrólito (tRU06.0g), um floculante. Verifica-se que o consumo do floculante variou de 2011 para 2015, existindo uma grande quebra de consumo no ano de 2012. O valor mais alto consumido foi de 0,11 g/m<sup>3</sup> no ano de 2011 e o mais baixo no ano de 2012, 0,3 g/m<sup>3</sup>. Entre 2013 a 2015 o valor consumido de floculante variou entre 0,05 e 0,07 g/m<sup>3</sup>. Registou-se um grande consumo de polieletrólito no ano de 2011 devido ao facto de nesse ano se terem feito sentir

temperaturas muito altas nos meses de verão e também à existência de uma grande amplitude térmica, entre as temperaturas do dia para a noite, fazendo com que os caudais retidos destabilizassem o manto de lamas, sendo necessário o consumo de mais floculante. A diminuição no consumo de polieletrólito no ano de 2012 está relacionada com as características da água bruta, mais especificamente com a diminuição da turvação da mesma, o que leva a um menor consumo de floculante.

Na figura 4.12 pode observar-se o consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes por metro cúbico de água tratada, para a ETA de Beliche.

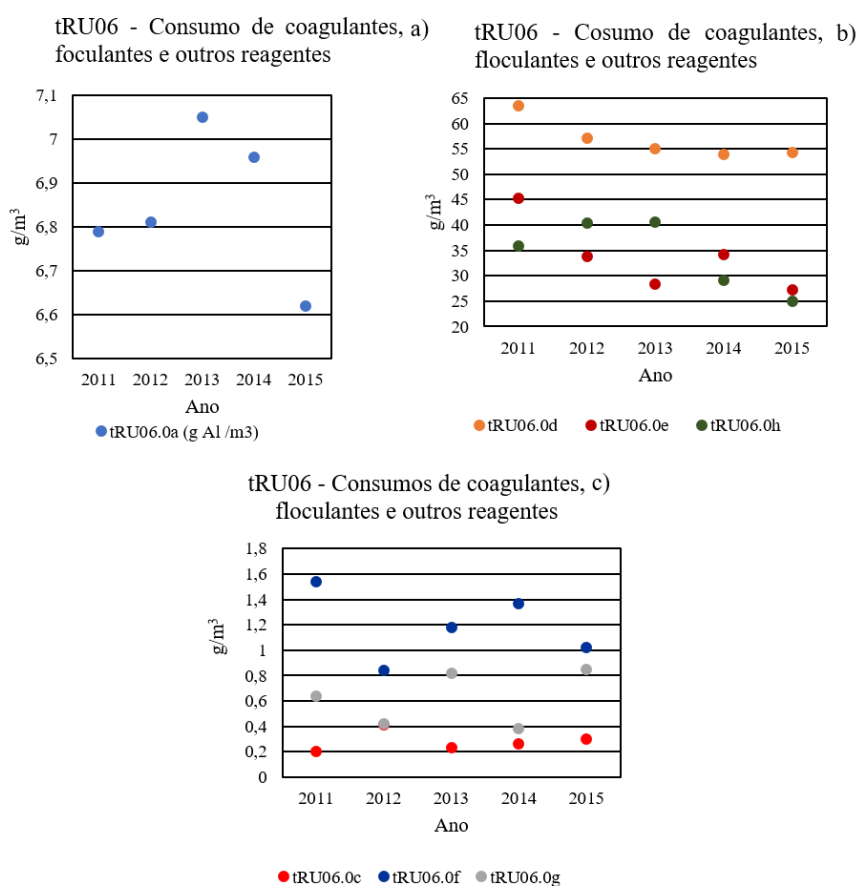


Figura 4.12 - Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes para a ETA de Beliche no período de 2011 a 2015. a) tRU06.0a – coagulante de alumínio, b) tRU06.0d – dióxido de carbono, tRU06.0e – hidróxido de cálcio e tRU06.0h – hidróxido de sódio. c) tRU06.0c – azoto, tRU06.0f – carvão ativado e tRU06.0g – polieletrólito.

Ao observar a figura 4.12 a) verifica-se que o consumo de coagulante de alumínio (tRU06.0a) variou entre 7,1 e 6,6 g/m<sup>3</sup> entre 2011 e 2015. O valor mais alto consumido foi no ano de 2011, de 7,05 g/m<sup>3</sup> e o mais baixo foi no ano de 2015, de aproximadamente 6,6 g/m<sup>3</sup>. O consumo de coagulante de alumínio depende em grande parte das características presentes na água bruta, especialmente com a matéria em suspensão particulada, espécies dissolvidas na água, como NOM, ferro, manganês, microcontaminantes orgânicos, dureza e cor da água.

De 2011 para 2015, o consumo de dióxido de carbono (tRU06.0d) (figura 4.12 b)) diminuiu, o valor mais alto consumido foi no ano de 2011, de 63,56 g/m<sup>3</sup> e o valor mais baixo fez-se notar no ano de 2014, de 53,90 g/m<sup>3</sup>. O consumo de hidróxido de cálcio (tRU06.0e) diminuiu de 2011 para 2015, sendo que em 2014 houve um pico de consumo superior a 2013. O valor mais alto consumido foi de 45,17 g/m<sup>3</sup> (2011) e o mais baixo de 27,14 g/m<sup>3</sup> (2015). Estes dois reagentes, dióxido de carbono e hidróxido de cálcio são utilizados na remineralização da água bruta quando entra na ETA para o tratamento. Deste modo, o maior ou menor consumo dos dois relaciona-se como pH de equilíbrio da água que se pretende atingir para água. Se a diferença de pH da água bruta e o pH de equilíbrio que se pretende atingir for maior, existe um maior consumo destes dois reagentes.

O consumo de hidróxido de sódio (tRU06.0h), mostrado na figura 4.12 b), variou ao longo do período estudado, de 2011 até 2013. O consumo aumentou de 35,85 g/m<sup>3</sup> para 40,47 g/m<sup>3</sup> e diminuiu nos anos de 2014 e 2015, sendo o valor mais baixo 24,89 g/m<sup>3</sup>. O hidróxido de sódio é utilizado no processo de afinação de pH da água, após o tratamento da mesma e antes da distribuição pelos os pontos de consumo. A variação do consumo deste reagente está relacionada com a diferença entre o pH da água tratada antes da afinação e o pH que se pretende que a mesma atinja para posteriormente seja distribuída. Normalmente o pH final da água tende a ser básico para que não haja degradação das condutas.

Na figura 4.12 c), verificou-se que tanto o consumo de polieletrólito (tRU06.0g), como o consumo de carvão ativado (tRU06.0f) tiveram algumas oscilações, no período estudado. O consumo de azoto manteve-se mais ou menos constante ao longo do período em estudo. Para o azoto, o ano em que houve um maior consumo foi em 2012, 0,41 g/m<sup>3</sup>, e o valor mais baixo consumido foi cerca de 0,20 g/m<sup>3</sup> em 2011. O aumento ou a diminuição do consumo de azoto está ligado ao consumo de oxigénio, pois o azoto funciona como catalisador de reação para a produção de ozono no processo da pré-oxidação. Logo, como o consumo de oxigénio diminuiu no período estudado, o consumo de azoto tende também a diminuir. Esta diminuição nestes dois reagentes depende das características da água bruta. O consumo mais elevado de carvão foi no ano de 2011, de 1,54 g/m<sup>3</sup> e o mais baixo em 2012, de 0,84 g/m<sup>3</sup>. O carvão ativado em pó é adicionado na câmara de mistura rápida após a adição do coagulante de alumínio. A quantidade de solução de carvão em pó usada no tratamento está relacionada com as características presentes na água bruta à chegada da ETA. Uma das características da água bruta que pode fazer aumentar o seu consumo

no tratamento de água é quando na mesma existe blooms de algas sendo necessário ajustar o doseamento de carvão ativado. Para o polieletrólito, em 2013 e 2015, observaram-se os valores mais altos do consumo, de  $0,85 \text{ g/m}^3$  e em 2014 foi consumiu-se menos polieletrólito, cerca de  $0,42 \text{ g/m}^3$ . A variação no consumo do floculante está relacionada com as características presentes na água bruta e das condições climáticas.

#### 4.4 Gestão de Subprodutos

Para o domínio gestão de subprodutos foi selecionado um indicador, produção de lamas (tBP01.1) (expressão 13 secção 3.2.2.13) referente à água tratada. Os resultados estão presentes na figura 4.13 para a ETA de Tavira e figura 4.14 para a ETA de Beliche.

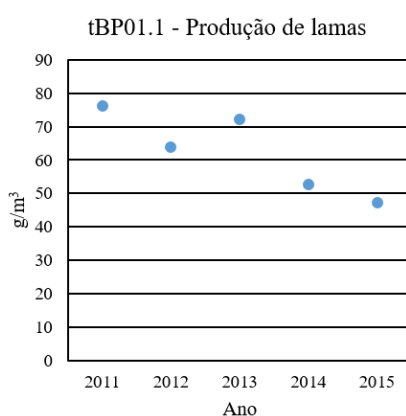


Figura 4.13- Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015.

Na figura 4.13 observa-se que a quantidade de lamas produzidas por metro cúbico de água tratada diminuiu gradualmente do ano de 2011 para o ano de 2015, havendo um ano de exceção, 2013, em que a quantidade de lamas produzidas por metro de cúbico de água tratada aumentou. Em 2011 a ETA de Tavira produziu  $76,3 \text{ g/m}^3$  e no ano de 2015,  $47,2 \text{ g/m}^3$ . A quantidade de lamas produzidas ao longo do processo de tratamento está relacionada com as características na água bruta e com a quantidade de reagentes que se utiliza na linha de tratamento da água. Deste modo, ao longo do período estudado o consumo de reagentes por metro cúbico, diminuiu o que faz com que fosse expectável a diminuição da quantidade de lamas produzidas.

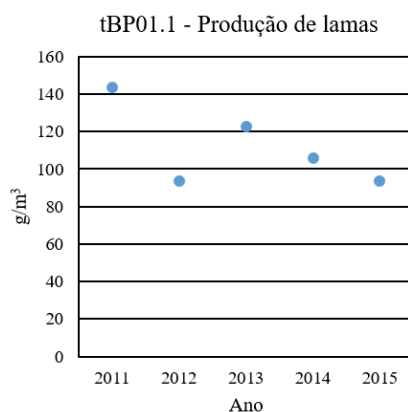


Figura 4.14- Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015.

Ao analisar a figura 4.14 verifica-se que a quantidade de lamas produzidas por metro cúbico de água tratada diminuiu de 2011 para 2015, sendo que em 2012 houve um maior decréscimo. Tal como ocorreu na ETA de Tavira, para a ETA de Beliche também houve uma diminuição na quantidade de lamas produzidas ao longo do período estudado. De 2011 para 2015, o consumo de reagentes por metro cúbico diminuiu e as características presentes na água bruta também se devem ter alterado de ano para ano o que fez com que a quantidade de lama produzida por metro cúbico de água tratada diminuísse.

#### 4.5 Recursos humanos

Para este domínio foi selecionado um indicador, pessoal afeto ao tratamento (tPe01), expressão 14 secção 3.2.2.14. representado na figura 4.15 para a ETA de Tavira e figura 4.16 para a ETA de Beliche. O indicador pessoas afetas ao tratamento inclui colaboradores da operação, manutenção e laboratório.

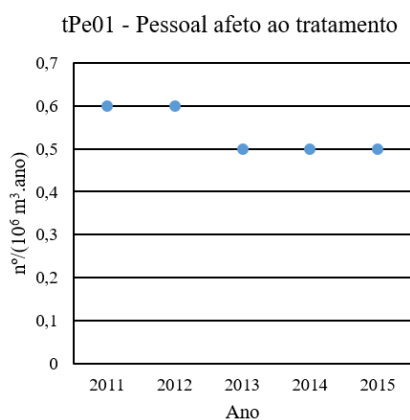


Figura 4.15 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015.

O indicador relativo ao pessoal afeto ao tratamento (tPe01), figura 4.15, mostra que o indicador referente ao número de pessoas afetas ao tratamento diminuiu de 2011 para

2015, em 2011 eram cerca de  $0,6 \text{ n}^\circ/10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}$  e em 2015 passou para cerca de  $0,5 \text{ n}^\circ/10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}$ , para a ETA de Tavira.

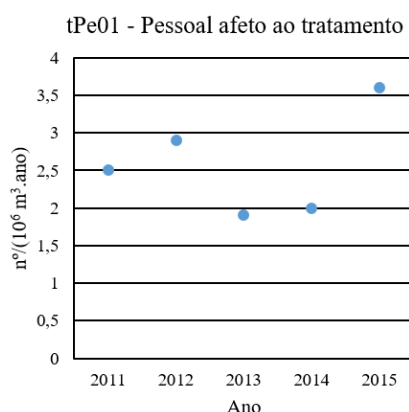


Figura 4.16 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015.

Na figura 4.16 mostra que o indicador referente ao pessoal afeto ao tratamento de 2011 para 2012 aumentou de 2,5 para 2,9  $\text{n}^\circ/10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}$ , de 2012 para 2013 diminuiu, passando para 1,9  $\text{n}^\circ/10^6 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}$ , voltando a crescer gradualmente de 2013 para 2015.

Contudo, o indicador não corresponde à realidade, pois tal como na ETA de Tavira, na ETA de Beliche também houve redução no número de colaboradores afetos à ETA. Esta discrepância está relacionada com a forma como se calcula o indicador. A expressão 14 secção 3.2.2.14 utilizada para o cálculo deste indicador mostra que o  $\text{n}^\circ$  de empregados afetos ao tratamento, de 2011 para 2015 na ETA de Beliche apresenta uma ligeira diminuição. Contudo, o que faz variar o resultado final é período de referência e quantidade de água tratada que não são constantes (expressão 14, secção 3.2.2.14). A quantidade de água tratada de 2011 para 2015 diminuiu, fazendo aumentar o resultado final da divisão. É por esta razão que o indicador relativo aos empregados afetos ao tratamento aumenta de 2011 para 2012, diminuiu de 2012 para 2013 e volta a aumentar de 2013 para 2015, pois o caudal de água tratada diminuiu de 2011 para 2012, aumentou de 2012 para 2013 e de 2013 até 2015 diminuiu.

Tal como no país, a partir do ano de 2011, a empresa Águas do Algarve, S.A. teve de se reajustar devido a crise que se fazia sentir no país. A empresa reorganizou-se de forma a ter menos pessoas e continuar o mais eficiente possível, neste reajustamento houve pessoas que foram integradas noutras equipas e noutros setores da Águas do Algarve, S.A..

## 4.6 Recursos económico-financeiros

No domínio de avaliação de recursos económico-financeiros, foram selecionados dois indicadores: tFi06 (gastos com a aquisição de reagentes e meios de enchimento), e tFi07 (gastos com a deposição/valorização de subprodutos). Tanto o indicador tFi06 como o tFi07 têm dois sub-indicadores associados. Ao indicador tFi06 estão associados o tFi06.1 e o tFi06.2. O primeiro (tFi06.1) é calculado pela divisão dos gastos com a aquisição de reagentes sobre água tratada (expressão 15, secção 3.2.2.15), o segundo (tFi06.2) é calculado através da divisão de gastos com a aquisição de reagente sobre gastos operacionais (expressão 16, secção 3.2.2.15). No entanto, não foi possível calcular o tFi06.2, devido a existir um erro com os valores dos gastos operacionais ajustados. Para o indicador tFi07, foi selecionado, inicialmente o sub-indicador que demonstrava os gastos com a deposição/valorização de subprodutos sobre gastos operacionais ajustados (expressão 18 (secção 3.2.2.16) (tFi07.2), contudo pelos motivos explicados anteriormente, este também não foi possível calcular, optando-se por calcular o tFi07.1 que demonstra os gastos com a aquisição/valorização de subprodutos em função da água tratada (expressão 17, secção 3.2.2.16). Nas figuras 4.17 e 4.18 são apresentados os dois indicadores, para a ETA de Tavira e de Beliche respetivamente.

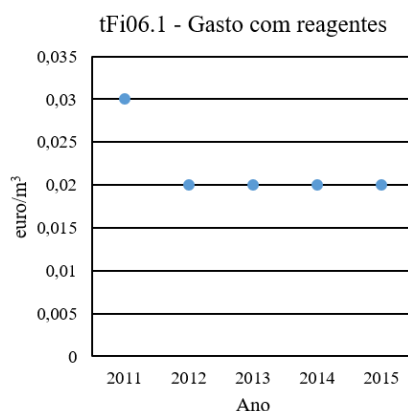


Figura 4.17 – Resultados dos indicadores referentes aos Gastos com a aquisição de reagentes em função da água tratada (tFi06.1) para a ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015.

Na figura 4.17 verifica-se que o gasto com aquisição de reagentes por metro cúbico de água tratada variou entre 0,03 e 0,02 euro/m<sup>3</sup>. Em 2011 foi o ano em que houve um maior gasto em reagentes por m<sup>3</sup>, e em 2012, o ano em que houve um menor gasto na aquisição de reagentes. Aquando a análise dos indicadores tRU04 e tRU06 verificou-se que o consumo de muitos dos reagentes tinha diminuído ao longo do período estudado, deste

modo, ao se diminuir o consumo de reagentes é expectável que haja uma diminuição nos gastos com aquisição dos reagentes.

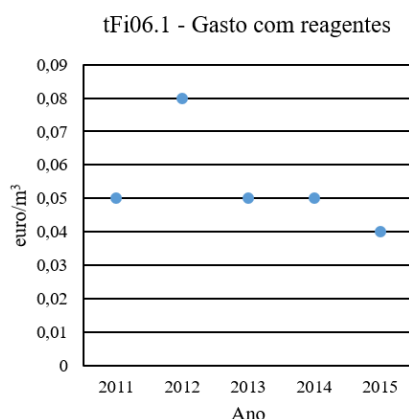


Figura 4.18 - Resultados do indicador sobre os gastos com a aquisição de reagentes em função da água tratada, para a ETA de Beliche, no período estudado.

A partir da figura 4.18, verificou-se que o valor mais alto relativo ao gasto com aquisição de reagentes por metro cúbico de água tratada foi no ano de 2012, de cerca de 0,078 euro/m<sup>3</sup> e o valor de gasto mais baixo em 2015, cerca de 0,038 euro/m<sup>3</sup>. Na ETA de Beliche também se verifica uma diminuição do gasto com aquisição de reagentes, pois existiu também uma diminuição no consumo de reagentes, observados nos indicadores tRU04 e tRU06.

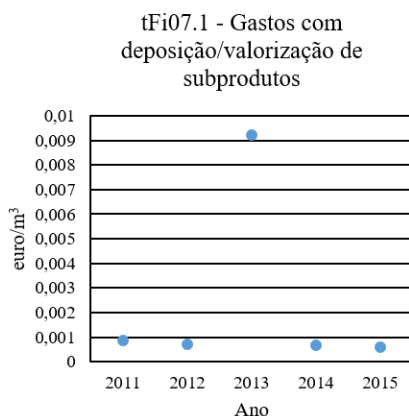


Figura 4.19 – Resultados do indicador referentes aos gastos com a deposição/valorização de subprodutos em função da água tratada (tFi07.1), para ETA de Tavira de Beliche, no período estudado.

A figura 4.19 apresenta o gasto na valorização de subprodutos, lamas, por metro de cúbico de água. Neste caso, os resultados apresentados são para as duas ETA, pois os subprodutos da ETA de Beliche são encaminhados para a ETA de Tavira e de lá enviados para a CIMPOR. Como se pode observar, os gastos com a deposição/valorização de subprodutos por m<sup>3</sup> de água varia entre 0,00057 (2015) e 0,0089 (2013) euro/m<sup>3</sup>.

Ao analisar o indicador tFi07.1 (figura 4.19), verifica-se que o gasto com a deposição/valorização de subprodutos por metro cúbico de água tratada é baixo. Para análise deste indicador ajuda-se a analisar o indicador tBP01.1 (produção de lamas), através desse verificou-se que a quantidade de lamas produzidas diminuiu de 2011 para 2015, logo o gasto associado à sua deposição/valorização também diminuiu. Verifica-se, ainda, que dentro dos gastos que as ETA têm, o gasto com a deposição/valorização das lamas não é muito expressivo e o gasto na aquisição de reagentes é muito maior relativamente ao da deposição/valorização das lamas.

## 5 Comparação entre o período estudo (2011-2015) e o período anterior (2006-2009)

A Águas do Algarve, S.A. utilizou anteriormente a ferramenta *PAStool* no âmbito do projeto Past21, para o período 2006 a 2009.

Desta forma, neste capítulo compararam-se os resultados obtidos nos dois períodos, 2011 a 2015 com o de 2006 a 2009, verificar-se como foi a evolução do desempenho operacional nas ETA em estudo, para os indicadores selecionados.

No quadro 5.1 está representada a evolução dos indicadores para a ETA de Tavira, relativo ao período de 2006 a 2009 para o período de 2011 a 2015.

Quadro 5.1 – Comparação de resultados dos indicadores entre o período de estudo (2011-2015) e período anterior (2006-2009), na ETA de Tavira.

Indicador	Unidades	ETA de Tavira		
		2006-2009	2011-2015	Comparação
tWQ01 - Conformidade dos resultados das análises	(%)	99,8 -100	99,8 -100	Sem alteração
tWQ02 - Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave	(%)	99,5-100	99,5 - 100	Sem alteração
tWQ07 - Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo	(%)	45-55	60 - 100	33 - 82%
tER34 - Calibração de doseadores de reagentes	nº/(doseador.ano)	1,0	2,7	170%
tER41 - Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, e Clorómetros (> 30 minutos)	nº/(equipamento.ano)	0-0,3	0 -1,5	0 a 400%
tER48 - Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes	ano (h/ano).	0-225	0 – 1,5	0 a -99%
tRU04 - Consumo de oxidantes	g/m <sup>3</sup>	Oxigénio: 20-40	Oxigénio: 15 -25	-25 a -37,5%
	g/m <sup>3</sup>	Cloro: < 5	Cloro: <5	Sem alteração
tRU06 - Consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes	g Al/m <sup>3</sup>	Coagulante de Alumínio: <5	Coagulante de Alumínio: 2,66 – 3,00	Sem alteração
	g/m <sup>3</sup>	Azoto:<1	Azoto: 0,43-0,48	Sem alteração
	g/m <sup>3</sup>	Carvão ativado: 1-3,50	Carvão ativado: 0,42-0,90	-58 a - 74%

<b>tRU06 - Consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes</b>	g/m <sup>3</sup>	Dióxido de carbono: 45 - 55	Dióxido de carbono: 41- 50	-9 a -9%
	g/m <sup>3</sup>	Hidróxido de cálcio: 37-52	Hidróxido de cálcio: 36-47	-3 a -10%
	g/m <sup>3</sup>	Polieletrólito: <0,50	Polieletrólito: 0,03-0,11	-94 a -78%
<b>tBP01.1 - Produção de lamas</b>	g/m <sup>3</sup>	55 -85	47- 77	-17 a -9,4%
<b>tPe01 - Pessoal afeto ao tratamento</b>	nº/(108m3. Ano)	0,5-0,7	0,5-0,6	Sem alteração
<b>tFi06.1 - Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento</b>	euro/m3	<0,01	0,02 -0,03	100 a 200%

Na ETA de Tavira os resultados dos indicadores que não tiveram alterações, de um período para o outro, foram relacionados com a qualidade da água tratada (tWQ01, tWQ02), com o consumo de oxidante de Cloro (tRU04), e com o consumo de reagentes de Azoto e de polielérolito (tRU06).

Verifica-se que o indicador relacionado com os recursos humanos afetos ao tratamento (tPe01) de um período para o outro quase não teve alterações de relevo (quadro 5.1).

Verifica-se ainda que o indicador relacionado com a qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo (tWQ07) teve um aumento significativo (entre 33% e 81%), o que significa um decréscimo da qualidade da água face ao parâmetro de THM, mesmo que sem ocorrência de quaisquer incumprimentos à legislação em vigor e ao valor limite de aceitação da certificação do produto “água para consumo humano”. Os valores de THM são medidos nos pontos de entrega, ou seja, este pode-se ter formado no percurso da ETA até aos pontos de entrega, nas tubagens, pois é um composto precursor. O decréscimo da qualidade da água face ao parâmetro THM, pode estar relacionado com o aumento da idade das tubagens e a existência de eventuais biofilmes nas mesmas.

Ao comparar os dois períodos, 2011 a 2015 com o período 2006 a 2009, verificou-se que no período de 2011 a 2015 houve maior número de calibrações de doseadores de reagentes (tER34) do que no período de 2006 a 2009, um maior número de calibrações dos doseadores de reagentes pode levar a um melhor funcionamento da ETA, em relação ao seu tratamento.

Para o indicador tER41, verificou-se que no período 2011 a 2015 existiram mais interrupções relativo ao funcionamento de geradores do que no período de 2006 a 2009, apesar de no ano de 2011 a 2015 existirem mais calibrações dos mesmos, não foi suficiente para que houvesse menos interrupções. Estas interrupções podem ter ocorrido devido à idade dos equipamentos, ocorrendo com o passar dos anos maior número de avarias para os mesmos.

O indicador relativo à interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes (tER48) mostra melhores resultados para o período de 2011 a 2015 do que de 2006 a 2009. No período de 2006 a 2009 deve ter ocorrido avarias consistentes em equipamentos de doseamento de reagentes (nomeadamente na ozonização) o que levou à interrupção do funcionamento da ETA, tendo sido colocado eventualmente em alternativa o doseamento por Cloro.

Relativamente ao consumo de oxidantes, nomeadamente oxigénio (tRU04), foi menor no período de 2011 a 2015 do no período de 2006 a 2009, verificou-se uma redução de 25% a 37,5% desse reagente. A maior ou menor utilização de oxigénio está relacionado com a etapa de oxidação, pois o oxigénio é utilizado para produzir o Ozono que está relacionado com as características da água bruta à entrada da ETA que podem variar de um período para o outro. Salienta-se que no período de 2011 a 2015, a partir de 2014, houve alteração de procedimento de trabalho na etapa de oxidação, reduzindo o caudal de gás face à potência do gerador, o que fez diminuir o consumo de oxigénio.

Para o indicador referente ao consumo de reagentes (tRU06), verificou-se que no período de 2011 a 2015 o consumo de dióxido de carbono, hidróxido de cálcio, carvão ativado, azoto e polieletrólito foi menor do que para o período de 2006 a 2009. A diminuição de consumo de dióxido de carbono e hidróxido de cálcio está associada ao equilíbrio calcocarbónico da água desejável que inicialmente a água bruta tem, pois estes dois reagentes são utilizados na remineralização para a elevação dos valores de alcalinidade e dureza da água. Relativamente ao consumo de carvão ativado está relacionado com as características da água à entrada da ETA, e especialmente à presença de algas na mesma, no período de 2006 a 2009, a água poderia conter uma maior quantidade de algas sendo necessária uma dose maior de carvão ativado.

Quanto ao indicador relativo à produção de lamas (tBP01.1), verificou-se que no período de 2011 a 2015 produziu-se menos quantidade de lama do que para o período de 2006 a

2009, provavelmente devido à turvação da água bruta e pela menor quantidade de reagentes utilizados durante o tratamento da água bruta ser menor no período de 2011 a 2015.

No que se refere ao indicador relativo aos gastos com a aquisição de reagentes (tFi06.1) foram superiores para o período de 2011 a 2015 relativamente ao período de 2006 a 2009, de um período para o outro existe uma diferença em média de cinco anos. Nestes cinco anos os preços dos reagentes terão sido ligeiramente aumentados, tendo em conta que a quantidade de reagentes usados na ETA de Tavira de 2011 a 2015, em média, não foi muito superior do que para o período de 2006 a 2009.

Em conclusão na ETA de Tavira a análise comparativa dos resultados dos indicadores nos dois períodos em estudo, revelam na globalidade uma diminuição do consumo de reagentes apesar de não ter ocorrido a redução dos custos unitários, verificou-se também uma diminuição de produção de lamas que seria expectável, face à redução do consumo de reagentes e da turvação.

No quadro 5.2 está representada a evolução dos indicadores para a ETA de Beliche, relativo ao período de 2006 a 2009 para o período de 2011 a 2015.

*Quadro 5.2 - Comparação de resultados dos indicadores entre o período de estudo (2011-2015) e o período anterior (2006-2009) nas ETA de Beliche.*

Indicador	Unidades	ETA de Beliche		
		2006-2009	2011-2015	Comparação
<b>tWQ01 - Conformidade dos resultados das análises</b>	(%)	99,9	99,4-100	Sem alteração
<b>tWQ02 - Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave</b>	(%)	99,8-100	98,5-100	Sem alteração
<b>tER34 - Calibração de doseadores de reagentes</b>	n°/(doseador.ano)	1,5	2,7 – 4,0	80% a 167%
<b>tER41 - Interrupção do funcionamento de geradores de Ozono, Clorómetros (&gt; 30 minutos)</b>	n°/(equipamento.ano)	0-0,3	0,0 – 3,0	0% a 900%
<b>tER48 - Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes</b>	ano (h/ano).	0-50	0 – 9,0	0% a – 82%
<b>tRU04 – consumo de oxidantes</b>	g/m <sup>3</sup>	Oxigénio: 20 -25	Oxigénio: 24 – 35	20% a 40%

<b>tRU04 - consumo de oxidantes</b>	g/m <sup>3</sup>	Cloro: <5	Cloro: <5	Sem alteração
	g Al/m <sup>3</sup>	Coagulante de Alumínio: <10	Coagulante de Alumínio: 6,62 -7,05	-33,8% a -29,5%
	g/m <sup>3</sup>	Azoto: 0,15 -0,40	Azoto: 0,20-0,41	33% a 2,5%
	g/m <sup>3</sup>	Carvão Ativado: 0,80 – 1,40	Carvão Ativado: 0,84-1,54	0% a 10%
<b>tRU06 - consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes</b>	g/m <sup>3</sup>	Dióxido de carbono:40 -60	Dióxido de carbono:54-64	35% a 6,6%
	g/m <sup>3</sup>	Hidróxido de sódio: 8,00 – 45,00	Hidróxido de sódio: 24-41	200% a -8,8%
	g/m <sup>3</sup>	Polieletrólito:0,40-1,00	Polieletrólito: 0,42-0,85	5% a -15%
<b>tBP01.1 - Produção de lamas</b>	g/m <sup>3</sup>	50 - 100	93 -144	86% a 44%
<b>tPe01 - Pessoal afeto ao tratamento</b>	n°/(108m3. Ano)	3,0 -5,0	1,9 – 2,9	-36,6% a -42%
<b>tFi06.1 - Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento</b>	euro/m <sup>3</sup>	< 0,02	0,038 – 0,078	90% a 290%

Na ETA do Beliche os resultados dos indicadores estudados que não tiveram alterações (quadro 5.2), de um período para o outro, foram os indicadores relacionados com a qualidade da água (tWQ01, tWQ02), com o consumo de oxidante cloro (tRU04) e com o consumo de reagentes para o azoto (tRU06).

No quadro 5.2, observa-se que os indicadores referentes à eficiência do tratamento (tER34, tER41, tER48), consumo de oxidante (tRU04) para o oxigénio, consumo de reagentes (tRU06) para coagulante de alumínio, carvão ativado, dióxido de carbono, hidróxido de sódio e polieletrónico, para a produção de lamas (tBP01.1), para o indicador relacionado com os recursos humanos afetos ao tratamento (tPe01) e para com os gastos com a aquisição de reagentes (tFi06.1) existiram alterações entre os períodos, 2011-2015 para 2006-2009.

Para os indicadores tER34, tER41 e tER48 referentes à eficiência do tratamento, verificou-se que houve, tal como na ETA de Tavira, um maior número de calibrações dos desadores para o período de 2009 a 2015, houve maior número de interrupções para o período de 2011 a 2015 do que para o período de 2006 a 2009, e a ETA esteve menos tempo parada devido a falhas de reagentes para o período de 2011 a 2015. Em relação a estes

indicadores é destaca-se que a ETA de Beliche não funciona o ano todo, apenas alguns meses, o que faz variar o resultado destes três indicadores, pois estes dependem do período de funcionamento da mesma.

A respeito do consumo de oxidantes (tRU04), na ETA de Beliche, observou-se que relativamente ao consumo de oxigénio, foi maior para o período de 2011 a 2015 do que para 2006 a 2009, pode estar relacionado com as características da iniciais da água bruta a tratar.

Para ETA de Beliche observou-se que o consumo de polielectrólito, carvão ativado, hidróxido de sódio foi menor para o período de 2011 a 2015 e maior para o período de 2006 a 2009, por outro lado o consumo de dióxido de carbono e azoto foi maior para o período de 2011 a 2015 do que para o período de 2006 a 2009. O maior ou menor consumo de carvão ativado no tratamento de água na ETA em estudo pode estar relacionado com o aparecimento de algas na água bruta, no período de 2006 a 2009, a ocorrência de blooms de algas na água bruta pode ter sido maior. O dióxido de carbono e o hidróxido de sódio são utilizados na remineralização da água bruta, para que se atinja o equilíbrio calcocarbónico da água desejável e que inicialmente a água bruta tem. O consumo de dióxido de carbono de um período para o outro não teve uma alteração significativa (35% a 6,6%) enquanto que o hidróxido de sódio teve uma alteração bastante superior, de 200% a -8,8%, o valor 200% é referente a um valor de hidróxido de sódio consumido ser de 8 g/m<sup>3</sup>. O azoto é utilizado como catalisador na reação de formação do ozono, logo se no período de 2011 a 2015 o consumo de oxigénio é maior o de azoto terá tendência a ser maior também.

Na ETA de Beliche, a produção de quantidade de lamas (tBP01.1) por metro cúbico de água tratada foi maior para o período de 2011 a 2015 do que para o período de 2006 a 2009. O aumento da quantidade de produção de lamas do período de 2006 a 2009 para o período de 2011 a 2015 pode estar relacionado com o maior consumo de reagentes no período de 2011 a 2015 e com as características da água bruta concretamente à turvação da mesma.

O indicador relacionado com o pessoal afeto ao tratamento (tPe01) variou de um período para o outro, sendo que no período de 2011 a 2015 o valor do indicador diminuiu, indicando que o número de pessoas afetadas ao tratamento também diminuiu, na ETA no período de 2011 a 2015. No entanto, é preciso ter em conta que o cálculo deste indicador

depende da água tratada e do período do funcionamento da ETA, sendo que estes são variáveis, fazem com que o indicador varie de uma forma inconstante.

Tal como na ETA de Tavira, na ETA de Beliche, verificou-se que o indicador referente aos gastos com a aquisição de reagentes (tFi06.1) mostra um gasto maior com reagentes no período de 2011 a 2015 em relação ao período de 2006 a 2009.

Os indicadores relacionados com a qualidade da água (tWQ01, tWQ02), com a eficiência do tratamento (tER34, tER41, tER48) e com os gastos com a aquisição de reagentes (tFi06.1) tiveram a mesma variação em ambas as ETA em estudo, o que evidencia uma consistência nas práticas económicas, operacionais e de manutenção da empresa, sendo que as duas ETA, têm a mesma origem de água bruta e as etapas de tratamentos são semelhantes, diferindo apenas na mineralização final da água, que na ETA de Tavira se efetua com hidróxido de cálcio e na ETA de Beliche com hidróxido de sódio.

## 6 Conclusões e limitações do estudo

Este trabalho teve como primeiro objetivo verificar se a ferramenta *PAStool* estava apta e adequada às necessidades da Entidade Gestora, Águas do Algarve, S.A. para avaliar as suas ETA, quando assim o pretender. Outro objetivo era avaliar as ETA de Tavira e Beliche a nível do seu desempenho através de um conjunto chave de indicadores da ferramenta *PAStool*.

Apesar de a *PAStool* ser composta por duas componentes de avaliação, componente de avaliação global e a componente de avaliação operacional, só foi aplicada, às ETA, a componente de avaliação global. Não foi possível aplicar a componente de avaliação de desempenho operacional porque o período de desenvolvimento desta dissertação não o permitiu e apenas estava previsto caso houvesse disponibilidade de tempo para o efeito. Foram selecionados 16 indicadores da *PAStool* em conjunto com a Águas do Algarve, S.A. para a avaliação da componente global.

Avaliando os domínios analisados, verificou-se que em termos do domínio da qualidade da água tratada, nas ETA, os indicadores tWQ01, tWQ02 e tWQ05 apresentam valores conformes ao longo do período estudado. Para o indicador tWQ07 existe um ponto no gráfico b) tanto da figura 4.3 e da figura 4.4 em que a conformidade é de 100%, valor que deve ser verificado pela Entidade Gestora da ETA, pois este indicador deveria ter valores de conformidade inferiores a 100%, o valor 100% é o limite máximo.

No que se refere ao domínio de avaliação de eficiência e fiabilidade, para ambas as ETA, verifica-se que houve calibrações dos doseadores de reagentes (tER34) todos os anos, e que no período de estudo as ETA sofreram interrupções devido à interrupção do funcionamento de geradores (tER41) e à falha de reagentes (tER48).

Para o domínio de utilização de água, energia e materiais, verificou-se que o consumo de energia para a ETA de Tavira diminuiu significativamente no ano de 2015 devido à construção da central fotovoltaica nas instalações da ETA de Tavira. Na ETA de Beliche houve um decréscimo do consumo de energia no ano de 2013, mantendo-se esse consumo constante até 2015.

De modo geral, em ambas as ETA, houve uma diminuição no consumo na maioria dos oxidantes, ácidos, bases, coagulantes, floculantes e de outros reagentes durante o período de estudo.

A respeito do domínio de gestão de subprodutos, houve uma diminuição, ao longo do período estudado, na produção de lamas por metro cúbico de água tratada, para ambas as ETA.

Relativo ao domínio de recursos humanos, o indicador referente ao pessoal afeto ao tratamento (tPe01) mostrou, para a ETA de Tavira, uma diminuição de pessoas afetas ao tratamento, ao longo do período em estudo. Pelo contrário, para a ETA de Beliche o indicador mostra uma diminuição de 2012 para 2013 e depois um aumento moderado, apesar de haver uma redução no número de colaboradores afetos ao tratamento, isto ocorre porque a ETA de Beliche não funciona ao longo de todo o ano e o indicador é influenciado por isso.

No domínio de recursos económico-financeiros, houve diminuições nos indicadores referentes aos gastos com reagentes (tF06.1) e ao gasto com deposição/valorização (tFi07.1), ao longo do período estudado.

Verificou-se ainda durante a análise dos resultados, que certos indicadores (tER34, tER41, tER48, tPe01) podem sofrer efeito escala e mostrar resultados diferentes da realidade quando o período de funcionamento da ETA é variável, como ocorre para ETA de Beliche.

Nota-se que, com a aplicação do conjunto chave dos 16 indicadores, nas ETA, no período estudado houve uma melhoria e uma otimização na maioria dos domínios.

Na comparação de resultados entre os dois períodos verifica-se que na ETA de Tavira houve mais indicadores a terem melhores resultados no período de 2011 a 2015 em relação ao período de 2006 a 2009. Na ETA de Beliche já se verifica o contrário, pois observa-se indicadores com piores resultados no período de 2011 a 2015 em relação ao período de 2006 a 2009, mas alguns deles a diferença nos resultados não é muita de um período para o outro.

Como já mencionado ao longo do trabalho não foi possível o cálculo de alguns indicadores inicialmente escolhidos: tFi06.2, tFi07.2 devido à falta de dados, pois até ao final do trabalho com a ferramenta não foram conseguidos os gastos operacionais ajustados, desta forma o indicador tFi07.2 foi substituído pelo tFi07.1. Os indicadores tRU05 e tRU07 não foram calculados. Os reagentes (ácidos e bases) que deviam ser calculados no indicador tRU05 foram abrangidos por outro indicador, o tRU06, porque

para o período anteriormente analisado pela entidade gestora (2006 a 2009) os ácidos e as bases também foram calculados através do indicador tRU06 e para se ter um termo de comparação seguiu-se a mesma classificação de reagentes anteriormente feita. O tRU07 não foi calculado pois durante o período estudado não houve reposição do meio de enchimento, contudo aquando a escolha deste indicador existia a possibilidade de reposição de areia nos filtros nesse ano.

Durante a utilização da ferramenta *PASool* surgiram algumas limitações e problemas ao longo do trabalho. A segunda geração da ferramenta *PASool* não está apta para ser instalada em qualquer tipo de computador ou sistema operativo, a ferramenta não fica operacional. Nos dois módulos onde se trabalhou, *Calc\_PI* e *Input\_Water*, surgiram vários problemas que apenas foram possíveis de ultrapassar com a adaptação da ferramenta por quem a concebeu.

No ficheiro *Calc\_PI* surgiram problemas ao nível da seleção dos indicadores, a nível da visualização e representação gráfica dos indicadores. No *Input\_Water* surgiram problemas na seleção de parâmetros, na seleção dos VL, na importação de dados para o ficheiro e não era possível efetuar a tarefa de ordenar.

Para a resolução destes problemas sugere-se que seja feita uma reavaliação da segunda geração da ferramenta *PASool* em todas as suas vertentes e a correção destes erros e de outros que não foram identificados aquando a utilização da mesma durante o trabalho, para que de uma próxima vez que a ferramenta seja utilizada pela Entidade Gestora seja mais fácil de operar.

## 7 Bibliografia

Comissão Europeia (2002). A água é vida – A Diretiva-quadro da água. Acedido a 15 setembro de 2016. Wabe page: file:///C:/Users/veron/Downloads/IDQA-AguaVida.pdf

ADERASA (2007). *Manual de Indicadores de Gestión para Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Acedido a 15 de fevereiro de 2016. [http://www.asep.gob.pa/agua/estudios/M1\\_aderasa.pdf](http://www.asep.gob.pa/agua/estudios/M1_aderasa.pdf)

ADERASA (2012). *Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking (GRTB)*. Acedido a 7 de abril de 2016. [https://www.ib-net.org/docs/aderasa\\_2012.pdf](https://www.ib-net.org/docs/aderasa_2012.pdf)

ADERASA (2015) – Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de las Americas. Acedido: 15 abril 2016, web page <http://www.aderasa.org/v1/>

Águas de Portugal. Grupo Águas de Portugal (2015). (Web page) «(<http://www.adp.pt/pt/>)» Acedida em 8 de agosto de 2016.

Águas do Algarve S.A. (AdA). Grupo Águas de Portugal. (2009) (Web page) «(<http://www.aguasdoalgarve.pt/>)» Acedida em setembro de 2015)

Alegre, H., Baptista, J. M., Cabrera, E., Cubillo, P., Hirner, W., & Merke, W. &. (2006). *Performance Indicators for Water Supply Services (second edition ed.)*. London: IWA Publishing.

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., & R. (2004). *Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água*. LNEC & IRAR : Lisboa .

APA (14 julho 2008). *O Plano Nacional de Acção Ambiente e Saúde (PNAAS)*. Águas e Resíduos. Acedido a 8 de julho de 2016. [https://www.apambiente.pt/\\_cms/view/page\\_doc.php?id=484](https://www.apambiente.pt/_cms/view/page_doc.php?id=484)

Ashley, R. & Hopkinson, P. (2002). Sewer systems and performance indicators - into the 21st century. *Urban Water*. Volume nº 4, 123-135.

Berg, S. (2008). *Water Utility Performance in Central America: The Political Economy of Coverage, Quality and Cost*; Acedido 15 de Novembrp de 2016. Web site: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.583.8137&rep=rep1&type=pdf>

Cabrera, E. Jr.; Dane, P.; Haskins, S. & Theuretzbacher-Fritz, H. (2011) *Benchmarking Water Services - Guiding water utilities to excellence*. IWA Publishing London - New York.

Castro, I. (2015). *Elaboração de Ferramenta para Avaliar a Eficiência de Tratamento de uma ETA – ETA S. Jorge*. Tese Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real.

CEPT University & All India Institute of Local Self-Government. (2011) *Meeting on Performance Improvement Plans for Class 'A' Councils in Maharashtra*. Disponível na Web Page: [http://www.pas.org.in/Portal/document/PIP%20Application/PIP%20Meeting%20Report,%20June%202011%20\(Final\).pdf](http://www.pas.org.in/Portal/document/PIP%20Application/PIP%20Meeting%20Report,%20June%202011%20(Final).pdf)

CEPT University (2009). *Performance Assessment Systems for Urban Water Supply and Sanitation in Gujarat and Maharashtra 2009-14*. Ahmedabad. Disponível em Web page: "http://www.pas.org.in/Portal/document/aboutus/pdf/PAS%20Executive%20Summary.pdf" acessada em 20 de dezembro de 2015

CEPT University (2010). *Performance Measurement Framework for Urban Water and Sanitation- volume I & II*. CEPT University, Ahmedabad, India. Acessado a 15 março de 2016. Wabe page: [http://ocw.unesco-ih.org/pluginfile.php/3884/mod\\_resource/content/1/Performance%20Measurement%20Framework%20Report\\_Vol%20I%20%20II\\_not%20printed.pdf](http://ocw.unesco-ih.org/pluginfile.php/3884/mod_resource/content/1/Performance%20Measurement%20Framework%20Report_Vol%20I%20%20II_not%20printed.pdf)

Crotty, P. (2004). *Selection and definition of performance indicators for water and wastewater utilities*. American Water Works Association Research Foundation, USA.

Danilenko, A., Berg, C., Macheve, B. & Moffitt, J. (2014). *The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014*. Washington: The New World Bank 1818 H Street NW.

Davidhizar, R., Dunn, C., & Hart, A. (2004). A review of the literature on how important water is to the world's elderly population. *International Nursing Review*, 51(3), 159-166. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1466-7657.2004.00224.x>

DECRETO-LEI nº 306/2007 «D.R. I-A Série» 164 (2007-08-27) 5747-5765.

Dias, N., & Covas, D. I. (setembro de 2006). Metodologia de Apoio ao Diagnóstico para a Melhoria do Desempenho de Sistemas de Distribuição de Água. *Engenieria del Agua. Vol. 13. nº 3*.

Dirección Agua Potable y Saneamiento & Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (dezembro de 2012). *Manual de indicadores de Gestión para Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. Acessado a 5 de março de 2016. Wabe page: <file:///C:/Users/veron/Downloads/4-DAPSAN%20Manual%20AP%20y%20S.pdf>

ERSAR. Recomendação ERSAR nº 2/2011 – Especificação Técnica para a certificação do Produto Água para Consumo Humano. Lisboa. ERSAR, 2012.

European Commission (dezembro de 2005). *D20 Benchmarking tools (22111403)*. Acessado a 20 de março de 2016; Wabe page: <https://www.academia.edu/4937860/D20Benchmarkingtools>

Franceschini, F., & Galetto, M. (2007). *Management by Measurement - Designing Key Indicators and Performance Measurement Systems*. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Global Water Research Coalition. (2014). Water Services Association of Australia (WSAA) (Australia). Acessado 20 abril 2016, wabe page: <http://www.globalwaterresearchcoalition.net/about-us/contact-us/water-services-association-of-australia-wsaa-australia>

IBNET (2015). IBNET Indicator Definitions – The International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities. Acessado a 20 de março de 2016. Wabe page: [https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqWJK\\_qqvQAhXBUyYKHWQVD-0QFggiMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.ib-net.org%2Fen%2Fibnet-toolkit%2Fibnet-toolkit%2Fdocuments%2FIBNETindicatordefinitionsSept04.doc&usg=AFQjCNFdidnHlaH7ilcOCQy5gylpZKG7\\_A&sig2=uWb3i1c8Z79KLfhK31KhBA](https://www.google.pt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiqWJK_qqvQAhXBUyYKHWQVD-0QFggiMAE&url=https%3A%2F%2Fwww.ib-net.org%2Fen%2Fibnet-toolkit%2Fibnet-toolkit%2Fdocuments%2FIBNETindicatordefinitionsSept04.doc&usg=AFQjCNFdidnHlaH7ilcOCQy5gylpZKG7_A&sig2=uWb3i1c8Z79KLfhK31KhBA)

IBNET (2016) Wabe page:  
"https://www.ibnet.org/en/documents/1IBNETWaterBenchmarkingv02\_000.doc."  
Acedida a 4 janeiro de 2016.

Lambert, A., Charalambous, B., Fantozzi, M., Kovac, J., & Rizzo, A. G. (2014). *14 Years Experience of using IWA Best Practice Water Balance and Water Loss Performance Indicators in Europe*. Acedido a 23 de março de 2016. Web Page: <http://www.mcast.edu.mt/Portals/0/IAS%20Lib/IWA%20April%202014-%20Water%20Benchmarking.pdf>

Lima, R. M., Sampaio, P. M., Nunes, M. L., Alvelos, F., Mesquita, D., Silva, D.; Antunes, J. &. (2011). *ENEGI 2011 - Encontro Nacional Engenharia e Gestão Industrial*. Universidade do Minho e Escola de Engenharia. Guimarães.

LNEC & ERSAR (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2ª geração do sistema de avaliação*. Lisboa, Portugal: LNEC & ERSAR.

LNEC & IRAR. (2009). *Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores*. Lisboa: LNEC & IRAR.

LNEC. PAST 21 - Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas (2009) (Web Page) <http://past21.lnec.pt/>. Acedida em abril de 2015.

MALNTOSH, A. C. & YÑIGUEZ, C. E. – *Second Water Utilities Data Book, Asian and Pacific Region*. National Library of the Philippines. Asian Development Bank, 1997.

Martins, T. (2014). *Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada*. Tese de Mestrado. Instituto Politécnico de Bragança. Bragança.

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.

Matos, R.; Cardoso, A.; Ashley, R.; Duarte, P.; Molinari, A.; Schulz, A. (2004) *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais*. Guias técnicos International Water Association (IWA), LNEC/IRAR. Lisboa. ISBN 9729935432

Molinari, A. (2007). Taller de Trabajo de Benchmarking de Empresas Públicas de Agua y Saneamiento en Centro América. A. Molinari (coordenador del GRTBmk ADERESA). *Benchmarking en América Latina*. UF (Public Utility Research Center University of Florida), Inter-American Development Bank, ADERESA.

Mutikanga, H. (2012). *Water Loss Management – Tools and Methods for Developing Countries*. Tese Doutoramento. Netherlands.

OFWAT - *Updating the overall performance assessment (OPA) - Conclusions and methodology for 2004-05 onwards*. UK, Office of Water Services, 2004.

OFWAT (2000). *Levels of service for the water industry in England & Wales. 2000-2001 report*. Office of Water Services, UK.

OFWAT (2012). OFWAT – Key indicators- guidance (printable). Acedido a 15 de março de 2016. Disponível em: [http://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/prs\\_web\\_kpiprintable.pdf](http://www.ofwat.gov.uk/wp-content/uploads/2015/11/prs_web_kpiprintable.pdf)

PAS - Performance Assessment System (2009-2016) - Web page: "[http://www.pas.org.in/web/ceptpas/home?p\\_p\\_id=HomePage\\_WAR\\_Portal&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column1&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=3&actionVal=Retrieve&SkipAccessChecking=false](http://www.pas.org.in/web/ceptpas/home?p_p_id=HomePage_WAR_Portal&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column1&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&actionVal=Retrieve&SkipAccessChecking=false)" Acedida a 20 de dezembro de 2015

Pereira, A. (2009). *Avaliação de desempenho operacional de estações de tratamento de águas residuais como instrumento associado à reutilização da água na rega de campos de Golfe*. Tese de Mestrado. Universidade do Algarve. Faro.

Rodrigues, J. (2012). *Construção de um sistema de indicadores de desempenho para empresas de abastecimento público de água para consumo*. Tese Mestrado. Universidade do Porto. Porto.

Rosa, M. J., Ramalho, P., Silva, C., Vieira, P., & Quadros, S. (2010). *PAS21 - Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas*. Congresso da Água - Marcas d'Água. Algarve.

Rosa, M., Vieira, P., Silva, C., Quadros, S., Ramalho, P., Alegre, H. (2011). *PAS21- Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas – Fichas de Caracterização dos Indicadores de Desempenho Global de ETA*. Lisboa

Rouxel, A., Brofferio, S., & Guerin-Schneider, L. (2008). Performance indicators and customer management: ACEA benchmarking experiences in water services in Latin America. *Journal Of Water Supply: Research And Technology—AQUA*, 57(4), 273. <http://dx.doi.org/10.2166/aqua.2008.088>

Silva, C. (2007). *Aplicação de Medidas de Avaliação de Desempenho a Estações de Tratamento de Água da Água do Algarve*. Tese de Mestrado. Universidade do Algarve, Faro.

Stahre, P., Adamsson, J. (2004). *Performance benchmarking. A powerful management tool for water and wastewater utilities*. Watermarque, Suíça.

Stone, S. J.; Dzurary, E. J.; Meisegeier, D.; Dahlborg, A. S. & Erickson, M. (2002) *Decison-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-02/029 (NTIS PB2003103052).

Turismo Portugal (2014). *Plano de Marketing Estratégico para o Turismo no Algarve*. Acedido a 8 de julho de 2016. [http://poalgarve21.ccdr-alg.pt/site/sites/poalgarve21.ccdr-alg.pt/files/2014-2020/planomarkturismoalg2015\\_2018.pdf](http://poalgarve21.ccdr-alg.pt/site/sites/poalgarve21.ccdr-alg.pt/files/2014-2020/planomarkturismoalg2015_2018.pdf)

Vieira, P. (2009). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano*. Tese de Doutoramento em Ciências e Tecnologias do Ambiente, Especialidade de Tecnologias do Ambiente. Universidade do Algarve. Faro.

Vieira, P., Rosa, M. P., Alegre, H., Ramalho, P., & Silva, C. (2009). *Avaliação de Desempenho de Estações de Tratamento de Água*. Lisboa.

Vitorino, S. (2008). *Um contributo para a avaliação do desempenho do serviço de gestão de RSU do município de Tarouca*. Tese de Mestrado. Universidade de Trás -os-montes e Alto Douro. Vila Real.

WATER UTILITY PARTNERSHIP (WUP) – *Performance Indicators of African Water Utilities*. Service Providers Performance Indicators and Benchmarking Network Project, 2002

Witte, K. & Marques, R. (2009). *Gaming in a Benchmarking Environme. A non-parametric analysis of benchmarking in the water sector*. University of Leuven & University of Lisbon.

WSAA (2015). Water Services Association of Australia. Acedido a 15 de abril de 2016. Disponível em: <https://www.wsaa.asn.au>

WSAA; NWC (2007) – *National Performance Framework- 2006-07 urban performance reporting indicators and definitions, a handbook for WSAA members*. Acedido a 1 de abril de 2016. Web page: <http://webarchive.nla.gov.au/gov/20130425210746/http://archive.nwc.gov.au/library/topic/npr/handbook-2006-07-wsaa>

WSAA; NWC; NWI - *National performance framework*. Water Services Association of Australia, National Water Commission, National Water Initiative, 2006.

Yepes, G. & Dianderas, A. - *Water and wastewater utilities indicators*. Washington, World Bank, 1996.

# Anexo 1

## Fichas dos indicadores de desempenho selecionados

## Anexo 1.a Quadro de caracterização dos indicadores – tWQ01

tWQ01 – Conformidade dos resultados das análises
Domínio de avaliação: qualidade da água tratada
Objectivo: avaliação da conformidade dos resultados da monitorização da qualidade da água tratada em relação aos critérios definidos pela EG para a água à saída da ETA, i.e., com os parâmetros e respetivos valores-limite.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Análises conformes com os critérios de qualidade definidos pela EG (n}^\circ\text{)}}{\text{Análises realizadas à água tratada (n}^\circ\text{)}} \times 100$
Unidades: %
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O valor de 100% corresponde ao total cumprimento dos critérios de qualidade definidos pela EG.</li> <li>• O indicador deve ser analisado em conjunto com os indicadores tWQ02 e tWQ03.</li> <li>• O indicador deve ser analisado tendo em consideração a adequação do nº total de análises realizadas à dimensão e tipo de tratamento da ETA.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O indicador refere-se apenas à qualidade da água tratada e não à qualidade da água entre as várias operações/processos unitários de tratamento.</li> <li>• No denominador contabilizam-se todas as análises efetuadas, quer sejam realizadas pelo laboratório da ETA, quer por laboratórios externos. No numerador contabilizam-se todas as conformidades em todas essas análises efetuadas.</li> <li>• Caso a EG não tenha critérios definidos, os parâmetros de qualidade e respetivos valores-limite a considerar para o cálculo deste indicador correspondem aos requisitos da legislação para a água no ponto de consumo.</li> <li>• O indicador pode ser calculado individualmente para cada parâmetro de qualidade da água, no sentido de se identificarem os parâmetros responsáveis por piores desempenhos traduzidos por baixos valores do PI. Se existir um historial da ETA e se já forem conhecidos os parâmetros mais problemáticos, o indicador pode ser calculado individualmente só para estes.</li> </ul>

## Anexo 1.b Quadro de caracterização dos indicadores – tWQ02

tWQ02 - Conformidade dos resultados das análises de sete parâmetros-chave
Domínio de avaliação: qualidade da água tratada
Objetivo: avaliação da conformidade dos resultados da monitorização dos parâmetros ferro, manganês, alumínio, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes na água tratada em relação aos valores-limite definidos pela EG para a água à saída da ETA.
Expressão do cálculo: $\frac{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes com os valores limite (n}^\circ\text{)}}{\text{Análises dos parâmetros Fe, Mn, Al, turvação, THM, bromato e bactérias coliformes realizadas (n}^\circ\text{)}} \times 100$
Unidades: %
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O valor de 100% corresponde ao total cumprimento dos valores-limite definidos pela EG para os parâmetros ferro, manganês, alumínio, turvação, THM, bromato e coliformes fecais.</li> <li>• O indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador tWQ01.</li> <li>• O indicador deve ser analisado tendo em consideração a adequação do nº total de análises realizadas à dimensão e tipo de tratamento da ETA.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O indicador refere-se apenas à qualidade da água tratada e não à qualidade da água entre as várias operações/processos unitários de tratamento.</li> </ul>

- No denominador contabilizam-se todas as análises efetuadas, quer sejam realizadas pelo laboratório da ETA, quer por laboratórios externos. No numerador contabilizam-se todas as conformidades em todas essas análises efetuadas.
- Caso a EG não tenha critérios definidos, os critérios a considerar para o cálculo deste indicador correspondem aos requisitos da legislação para água no ponto de consumo.

### Anexo 1.c Quadro de caracterização dos indicadores – tWQ05

tWQ05 – Qualidade da água tratada em cloro residual mínimo no(s) ponto(s) de entrega/consumo
Domínio de avaliação: qualidade da água tratada
Objetivo: avaliação da capacidade da ETA para produzir uma água que terá as características adequadas no ponto de entrega (em alta)/consumo (em baixa) em termos de teor mínimo de cloro residual livre.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais baixos de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right) - \text{VLmínimo de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{\text{VLmínimo de cloro residual livre } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} \times 100$
Unidade: %
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores inferiores a 0% correspondem a uma situação indesejável devendo o tratamento ser afinado para prevenir eventual degradação da qualidade microbiológica da água.</li> <li>• Este indicador deve ser, portanto, analisado em conjunto com o indicador tWQ08.</li> <li>• Resultados superiores a 0% não significam que todos os valores utilizados no cálculo da variável do numerador sejam superiores ao VL mínimo, como é desejável.</li> <li>• Valores superiores a 200% para distribuição em baixa ou a 400% para distribuição em alta correspondem a uma situação indesejável em termos do VL máximo (indicado no PI tWQ06).</li> <li>• Este indicador deve ser analisado tendo em consideração que eventuais baixos valores de cloro residual livre em pontos da rede podem dever-se a deficiências no sistema a jusante da ETA, não podendo ser atribuídos à falta de desempenho da estação.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A variável “Média dos 10% de valores mais baixos de cloro residual livre” é calculada em relação ao nº total de análises de cloro residual livre realizadas em toda a rede (em alta ou em baixa) abastecida pela ETA.</li> <li>• O VL mínimo corresponde a 0.2 mg/l para distribuição em alta (segundo ERP 5001/2008 e Decreto-Lei 306/2007) e em baixa (Decreto-Lei 306/2007).</li> <li>• O indicador aplica-se a sistemas onde não ocorra mistura de água tratada da ETA com água de outras origens (por exemplo de outra ETA). Quando esta mistura acontece, a EG deverá decidir sobre o interesse do cálculo do PI. Caso ele seja calculado, o seu resultado deve ser interpretado ao nível de várias ETA envolvidas ponderando as influências de cada uma das estações.</li> <li>• Caso exista recloragens, estas devem ser consideradas como fazendo parte de uma desinfecção faseada (que tem lugar na ETA e depois na distribuição).</li> </ul>

### Anexo 1.d Quadro de caracterização dos indicadores – tWQ07

tWQ07 – Qualidade da água em THM no(s) ponto(s) de entrega/consumo
Domínio de avaliação: qualidade da água tratada
Objetivo: avaliação da capacidade da ETA para produzir uma água que terá as características adequadas no ponto de entrega (em alta)/consumo (em baixa) em termos do teor em trihalometanos (THM).
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Média dos 10\% de valores mais elevados de THM } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{l}}\right)}{\text{VL}_{\text{THM}} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{l}}\right)} \times 100$

Unidade: %
<p>Interpretação dos resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores superiores a 100% correspondem a uma situação indesejável, devendo o tratamento ser afinado.</li> <li>• Resultados inferiores a 100% não significam que todos os valores utilizados no cálculo da variável do numerador sejam inferiores ao VL, como é desejável.</li> <li>• Este indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador tWQ06.</li> </ul>
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A variável “Média dos 10% de valores mais elevados de THM” é calculada em relação ao nº total de análises de THM realizadas em toda a rede (em alta ou em baixa) abastecida pela ETA.</li> <li>• O denominador corresponde ao valor-limite da legislação para água para consumo humano (150 ug/l até 25 de dezembro de 2008 e 100 ug/l após dezembro de 2008) ou a um valor mais restritivo imposto voluntariamente pela EG.</li> <li>• O indicador aplica-se a sistemas onde não ocorra mistura de água tratada da ETA com água de outras origens (por exemplo de outra ETA). Quando esta mistura acontece, a EG deverá decidir sobre o interesse do cálculo do PI. Caso ele seja calculado, o seu resultado deve ser interpretado ao nível das várias ETA envolvidas ponderando as influências de casa uma das estações.</li> </ul>

### Anexo 1.f Quadro de caracterização dos indicadores – tER34

tER34 – Calibração de doseadores de reagentes
Domínio de avaliação de desempenho: Eficiência e Fiabilidade
Objetivo: avaliação da existência de uma prática de calibração dos doseadores de reagentes, ou seja, de verificação da dose de reagentes efetivamente adicionada.
<p>Expressão de Cálculo:</p> $\frac{\text{Calibrações de doseadores de reagentes (n}^{\circ}\text{)} \times 365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right) \text{ Período de referência (d)}}{\text{Doseadores de reagentes (n}^{\circ}\text{)}}$
Unidades: n°/(doseador.ano)
<p>Interpretação dos resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este indicador deve ser analisado tendo em consideração a percentagem de doseadores calibrados, uma vez que valores do PI superiores a 1 não significam que todos os doseadores tenham sido calibrados uma vez no ano.</li> </ul>
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No numerador contabilizam-se as calibrações e as verificações feitas aos equipamentos que mostrem não ser necessário proceder a uma calibração propriamente dita, uma vez que os desvios das leituras obtidas com o equipamento relativamente aos padrões satisfazem critérios de aceitação previamente estabelecidos.</li> <li>• A calibração/verificação implica um procedimento formal, em geral escrito.</li> <li>• No numerador, se um doseador foi calibrado/verificado mais do que uma vez durante o período de referência deve ser contabilizado tantas vezes quantas as calibrações realizadas.</li> <li>• No denominador contabilizam-se todos os doseadores instalados e de reserva (neste caso, prontos a instalar em caso de necessidade: não são, portanto, contabilizados equipamentos a aguardar reparação).</li> <li>• O indicador pode ser calculado individualmente (tER34.0a, tER34.0b, etc.) para cada reagente usado na ETA.</li> <li>• O denominador reporta-se a uma data de referência.</li> </ul>

### Anexo 1.g Quadro de caracterização dos indicadores – tER41

tER41 – Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reactores de dióxido de cloro e clorómetros (> 30 minutos)
Domínio de avaliação de desempenho: eficiência e fiabilidade

Objetivo: avaliação da frequência de interrupções do funcionamento (superiores a 30 min) de válvulas.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros (> 30 min)}(n^{\circ}) \times \frac{365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right)}{\text{Período de referência (d)}}}{\text{Geradores ozono, reatores de dióxido de cloro e clorômetros (não contabilizando os de reserva)}(n^{\circ})}$
Unidades: n°/(equipamento.ano)
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• O Valor 0 corresponde à situação ótima em que não ocorrem interrupções do funcionamento dos equipamentos, durante o período de referência.</li> <li>• Este indicador traduz o total de interrupções do funcionamento de equipamentos, mas não identifica os equipamentos que sofreram estas interrupções no funcionamento nem se o mesmo equipamento sofreu mais do que uma interrupção do funcionamento no período de referência.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A Variável do numerador não inclui interrupções por falta de energia.</li> <li>• Este indicador deve ser preferencialmente calculado para um período de referência de 365 dias, de forma a evitar extrapolação do número de interrupções do funcionamento.</li> <li>• O denominador reporta-se a uma data de referência.</li> </ul>

### Anexo 1.h Quadro de caracterização dos indicadores – tER48

tER48 – Interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes
Domínio de avaliação de desempenho: eficiência e fiabilidade
Objetivo: avaliação da fiabilidade da ETA em termos de gestão de stocks de reagentes.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Tempo que a ETA esteve fora de serviço devido a falhas de reagentes (h)} \times 365 \left(\frac{d}{\text{ano}}\right)}{\text{Período de referência (d)}}$
Unidades: ano (h/ano).
Interpretação do resultado: Este indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador tER10.

### Anexo 1.i Quadro de caracterização dos indicadores – tRU03

tRU03 – Consumo de energia
Domínio de avaliação de desempenho: Utilização de água, energia e materiais
Objetivo: avaliação do consumo específico de energia na ETA.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Energia consumida (kWh)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$
Unidades: kWh/m <sup>3</sup>
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores mais elevados correspondem a um maior consumo de energia por m<sup>3</sup> de água tratada, i.e., a um processo de tratamento menos eficiente energeticamente.</li> <li>• O resultado deve ser analisado conjuntamente com a distribuição do consumo energético na ETA (de forma a identificar potenciais de melhoria).</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No numerador não é contabilizado o consumo de energia dos sistemas de elevação de água bruta e de água tratada.</li> </ul>

### Anexo 1.j Quadro de caracterização dos indicadores – tRU04

tRU04 – consumo de oxidantes
Domínio de avaliação de desempenho: Utilização de água, energia e materiais
objetivo: avaliação do consumo específico de reagentes na ETA, em particular de oxidantes
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Oxidantes consumidos (kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$
Unidades: g/m <sup>3</sup>
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>Este indicador deve ser analisado tendo em consideração a qualidade da água bruta e o teor de desinfetante residual necessário na água tratada (tWQ05 e 06)</li> </ul>
Observações: Este indicador deve ser calculado individualmente para cada oxidante (tRU04.0a, tRU04.0b, etc.).

### Anexo 1.i Quadro de caracterização dos indicadores – tRU05

tRU05 – Consumo de ácidos e bases
Domínio de avaliação de desempenho: Utilização de água, energia e materiais
Objetivo: avaliação do consumo específico de reagentes na ETA, em particular de ácidos e de bases que se destinam a efetuar ajustes de pH ou regeneração (e.g., de resinas iónicas).
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Ácidos e bases consumidas (eq.)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$
Unidades: eq/m <sup>3</sup>
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>Este indicador deve ser analisado tendo em consideração a qualidade da água bruta e da água tratada</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>O numerador corresponde ao somatório da quantidade consumida na ETA no período de referência de todos os reagentes ácidos e bases. A quantidade consumida de cada ácido ou base calcula-se através da expressão:  <math display="block">\frac{\text{Massa de produto comercial (kg)} \times \text{grau pureza (-)}}{\text{Peso equivalente } \left(\frac{\text{kg}}{\text{eq.}}\right)}</math> </li> </ul>

### Anexo 1.k Quadro de caracterização dos indicadores – tRU06

tRU06 – consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes
Domínio de avaliação de desempenho: utilização de água, energia e materiais
Objetivo: Avaliação do consumo específico de reagentes na ETA, em particular de coagulantes, floculantes e outros reagentes (e.g., sal para regeneração de resinas)
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Coagulantes, floculantes e outros reagentes(s) consumido(s)(kg)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \times 10^3$
Unidades: g/m <sup>3</sup>

<p>Interpretação dos resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este indicador deve ser utilizado tendo em consideração a qualidade da água bruta e da água tratada.</li> <li>• Este indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador tER12, devendo um maior esforço de otimização de dosagens resultar num menor consumo de reagentes.</li> </ul>
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este indicador deve ser calculado: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Para o conjunto de coagulantes de alumínio (expressos em kg Al) (tRU06.0a)</li> <li>○ Para o conjunto de coagulantes de ferro (expressos em kg Fe) (tRU06.0b)</li> <li>○ Individualmente para cada floculante ou outro reagente (a 100%) (tRU06.0c, 0d, etc.)</li> </ul> </li> <li>• Um coagulante de Al e de Fe deve ser desdobrado em tRU06.0a e tRU06.0b.</li> </ul>

### Anexo 1.l Quadro de caracterização dos indicadores – tRU07

tRU07 – Reposição de meios de enchimento
Domínio de avaliação de desempenho: Utilização de água, energia e materiais
Objetivo: avaliação do consumo de meios de enchimento na ETA por necessidade de reposição e/ou de substituição.
<p>Expressão de cálculo:</p> $\frac{\text{Meio de enchimento novo para a reposição ou substituição} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right)}{\text{Meio de enchimento de todos os órgãos} (m^3)} \times 100$
Unidades: %/ano
<p>Interpretação dos resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores elevados do PI correspondem a uma perda excessiva de material de enchimento cujas causas devem ser investigadas (deterioração do material e/ou condições de operação desajustadas) ou à necessidade de aumentar a capacidade (up-rate) e/ou o grau de tratamento (up-grade) do órgão.</li> <li>• Este PI deve ser analisado em conjunto com o PI tBP06.</li> </ul>
<p>Observações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No numerador contabiliza-se a quantidade de meio de enchimento utilizado <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Para compensar perdas físicas dos leitos de enchimento por razões diversas (e.g., de meios adsorventes ou resinas iónicas);</li> <li>○ Para aumentar a capacidade (up-rate) e/ou o grau de tratamento (up-grade).</li> </ul> </li> <li>• Este indicador deve ser calculado individualmente (tRU07.0a, tRU07.0b, etc) para cada meio de enchimento (e.g., areia, GAC, resinas de permuta iónica).</li> <li>• O PI só pode ser calculado quando o período de referência coincide com um ano.</li> <li>• Este indicador deve ser calculado anualmente, mas a análise dos resultados deve considerar um período de 3-5 anos, de forma a acompanhar o período de utilização e reposição destes materiais.</li> </ul>

### Anexo 1.m Quadro de caracterização dos indicadores – tBP01

tBP01 – Produção de lamas
Domínio de avaliação de desempenho: Gestão de subprodutos
Objetivo: avaliação do nível de produção de lamas na ETA, potenciais causadores de impactos ambientais e com reflexos nos gastos com tratamento.
<p>Expressão de cálculo:</p> $tBP01.1 \text{ (quando a turvação da água bruta é menor que 10 UNT)} = \frac{\text{Lamas produzidas (kg)} \times 1000}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$

Unidades: tBP01.1: $g/m^3$
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este indicador deve ser analisado tendo em consideração as características da água bruta.</li> <li>• Valores elevados podem corresponder a uma não otimização de adição de reagentes face às características da água bruta (PI tER09, tER12 e tER15) ou ao facto de a água ter uma turvação muito baixa (difícil de remover e que exige, usualmente, maiores dosagens de coagulantes/floculantes).</li> <li>• Valores baixos podem corresponder a maior eficiência do processo de tratamento de lamas (produção de lamas mais concentradas).</li> <li>• Este indicador deve ser analisado em conjunto com o indicador tBP02.</li> <li>• Na análise de resultados deve ter-se em consideração o tipo de lamas produzidas pela ETA (decantadas, espessas ou desidratadas) e que há um desfasamento entre a produção de água tratada e de lamas, e, portanto, as lamas produzidas incluem lamas relativas a água tratada no final do período de referência.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• No numerador considera-se o peso total das lamas (não peso seco).</li> <li>• As lamas podem ser provenientes de decantação na fase líquida, do espessamento ou da desidratação na linha de tratamento de lamas.</li> <li>• O indicador contempla uma dependência positiva da produção de lamas com a turvação da água bruta quando esta é significativa. O indicador tBP01.2 corresponde à quantidade de lamas produzidas por <math>m^3</math> de água tratada a partir de uma água bruta com uma turvação de 1 UNT.</li> <li>• Quando a água bruta é pouco turva, a dependência, a existir, pode ser inversa, e portanto, a turvação não é contabilizada no PI tBP01.1.</li> <li>• O valor de 10 UNT constitui uma primeira proposta, a verificar com os resultados de aplicação do PI.</li> <li>• A turvação da água bruta é a média aritmética dos valores individuais de turvação determinados no período de referência.</li> <li>• ETA que trata lamas de outros sistemas deve calcular o PI tBP01.3.</li> </ul>

## Anexo 1.n Quadro de caracterização dos indicadores – tPe01

tPe01 – Pessoal afeto ao tratamento
Domínio de avaliação de desempenho: Recursos Humanos
Objetivo: avaliação da disponibilidade de recursos humanos na ETA, ou seja, da existência de um número adequado de empregados.
Expressão de cálculo: $\frac{\text{Empregados equivalentes a tempo inteiro (nº)} \times \text{Período de referência}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}} \frac{d}{365} \left( \frac{d}{ana} \right) \times 10^8$
Unidades: $n^\circ/(10^8 m^3 \cdot \text{Ano})$
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este indicador deve ser analisado tendo em conta o grau de automação da ETA (indicadores tER14 a 18).</li> <li>• O tipo de tratamento e a sua eficácia (tWQ01, tWQ02) devem também ser tidos em consideração, bem como a existência de tarefas associadas a, por exemplo, certificações ou ações de gestão de médio e longo prazo.</li> <li>• Este indicador deve ser relacionado com a qualificação dos recursos humanos existentes (tPe02 e tPe03) e com trabalho suplementar (tPe08).</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A variável “Empregados equivalentes a tempo inteiro” calcula-se através da expressão:</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Empregados equivalentes a tempo inteiro = <math>\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{H_i}</math> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ n – “Empregados afetos à ETA” (n°);</li> <li>▪ hi – horas de trabalho na ETA do empregado i (hora/semana);</li> <li>▪ Hi – horário semanal contratado do empregado i (hora/semana).</li> </ul> </li> <li>• A variável “Empregados afetos à ETA” inclui o pessoal (permanente e temporário, a outsourcing interno ou externo) afeto à operação e manutenção da ETA ou ao controlo de qualidade de água (laboratório).</li> <li>• O “outsourcing externo” é controlado externamente à EG. O “outsourcing interno” é prestado pela EG, por departamentos transversais a várias estações/serviços.</li> <li>• O pessoal em outsourcing é contabilizado na proporção do tempo afeto à ETA.</li> </ul> <p>O numerador reporta-se a uma data de referência.</p>
--

### Anexo 1.o Quadro de caracterização dos indicadores – tFi06

tFi06 – Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento
Domínio de avaliação de desempenho: Recursos económico-financeiros
Objetivo: avaliar os gastos com a aquisição de reagentes e meios de enchimento em função do volume de água tratada.
Expressão de cálculo:
$tFi06.1 = \frac{\text{Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento (Euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$
$tFi06.2 = \frac{\text{Gastos com aquisição de reagentes e meios de enchimento (Euro)}}{\text{Gastos operacionais ajustados (Euro)}} \times 100$
Unidades: tFi06.1: euro/m <sup>3</sup> tFi06.2: %
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Este PI deve ser analisado em conjunto com: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ tER14, tER20 e tER34, pois valores elevados destes indicadores são condição necessária para a maior economia deste recurso; otimização de dosagens (tER12) pode permitir também minimizar o consumo de alguns reagentes;</li> <li>○ tRU04 a tRU07, pois valores baixos de tFi07 não correspondem necessariamente a uma utilização eficiente de reagentes e meios de enchimento, mas valores elevados podem representar ineficiência da utilização destes recursos.</li> </ul> </li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No numerador consideram-se os gastos com aquisição de reagentes (utilizados na fase líquida e na fase sólida) e de meios de enchimento, pela própria entidade ou em outsourcing externo.</li> <li>▪ Este indicador pode ser calculado individualmente (tFi07.0a, tFi07.0b, etc.) para cada reagente e meio de enchimento.</li> <li>▪ Recomenda-se que este PI não seja calculado para períodos inferiores a 1 ano.</li> </ul>

### Anexo 1.p Quadro de caracterização dos indicadores – tFi07

tFi07 – Gastos com a deposição/valorização de subprodutos
Domínio de avaliação de desempenho: Recursos económico-financeiros
Objetivo: avaliar os gastos com a deposição/valorização de subprodutos em função do volume de água tratada.
Expressão de cálculo:

$tFi07.1 = \frac{\text{Gastos com deposição ou valorização de subprodutos (euro)}}{\text{Água tratada (m}^3\text{)}}$ $tFi07.2 = \frac{\text{Gastos com deposição ou valorização de subprodutos (euro)}}{\text{Gastos operacionais ajustados}} \times 100$
unidades: tFi07.1: euro/m <sup>3</sup> tFi07.2: %
Interpretação dos resultados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Este PI deve ser analisado em conjunto com os indicadores tBP04, tBP05 e tBP06.</li> </ul>
Observações: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A variável “Gastos com a deposição/valorização de subprodutos” inclui gastos associados ao transporte e destino final (deposição/valorização) de lamas, outros subprodutos e meios de enchimento rejeitados, pela própria entidade ou em outsourcing externo.</li> <li>• Recomenda-se que este PI não seja calculado para períodos inferiores a 1 ano.</li> </ul>

# Anexo 2

Valores-limite utilizados para avaliar a  
qualidade da água tratada

**Anexo 2.a** Quadro de *Parâmetros analisados no indicador tWQ01 e respectivos valores limite.*

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>VL</b>	<b>Referência</b>
Acrilamida	µg/l	0,10	Decreto-Lei nº 306/2007
Antimônio	µg Sb/l	5,0	Decreto-Lei nº 306/2007
Arsénio	µg As/l	10	Decreto-Lei nº 306/2007
Benzeno	µg /l	1	Decreto-Lei nº 306/2007
Bezeno (a) pireno	µg /l	0,01	Decreto-Lei nº 306/2007
Boro	mg B/l	1	Decreto-Lei nº 306/2007
Bromato	µg BrO <sub>3</sub> /l	10	Decreto-Lei nº 306/2007
Cádmio	µg Cd/l	5	Decreto-Lei nº 306/2007
Crômio	µg Cr/l	50	Decreto-Lei nº 306/2007
Cobre	mg Cu/l	2	Decreto-Lei nº 306/2007
Cianeto	µg Cn/l	50	Decreto-Lei nº 306/2007
1,2-Dicloroetano	µg /l	3	Decreto-Lei nº 306/2007
Epicloridrina	µg /l	0,1	Decreto-Lei nº 306/2007
Fluoreto	mg F/l	1,5	Decreto-Lei nº 306/2007
Chumbo	µg Pb/l	10	nº2/2011 da ERSAR
Mercúrio	µg Hg/l	1	Decreto-Lei nº 306/2007
Níquel	µg Ni/l	20	Decreto-Lei nº 306/2007
Nitrato	mg NO <sub>3</sub> /l	50	Decreto-Lei nº 306/2007
Nitrito	mg NO <sub>2</sub> /l	0,5	Decreto-Lei nº 306/2007
Pesticida individual	µg /l	0,1	Decreto-Lei nº 306/2007
Pesticidas totais	µg /l	0,5	Decreto-Lei nº 306/2007
PAH	µg /l	0,1	Decreto-Lei nº 306/2007
Selénio	µg Se/l	10	Decreto-Lei nº 306/2007
Tetracloroetano e Tricloroetano	µg /l	10	Decreto-Lei nº 306/2007
THM	µg /l	80	nº2/2011 da ERSAR
Cloreto de vinilo	µg /l	0,3	nº2/2011 da ERSAR
E. coli	Nº/100 ml	0	Decreto-Lei nº 306/2007
Enterococos	Nº/100ml	0	Decreto-Lei nº 306/2007
Alumínio	µg Al/l	100	nº2/2011 da ERSAR
Azoto amoniacal	mg NH <sub>4</sub> /l	0,5	Decreto-Lei nº 306/2007
Cálcio	mg Ca/ml	80	nº2/2011 da ERSAR
Cloreto	mg Cl/l	200	nº2/2011 da ERSAR
Clostridium perfringens	Nº/100 ml	0	Decreto-Lei nº 306/2007
Cor	mg PtCo/l	15	nº2/2011 da ERSAR
Condutividade	µs/cm	2500	Decreto-Lei nº 306/2007
Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	150	Recomendação
pH		6,5-9,0	Decreto-Lei nº 306/2007
Ferro	µg Fe/l	200	Decreto-Lei nº 306/2007
Magnésio	mg Mg/l	50	Decreto-Lei nº 306/2007
Manganês	µg Mn/l	50	Decreto-Lei nº 306/2007
Microcistinas – LR total	µg /l	1	Decreto-Lei nº 306/2007
Cheiro	Fator de diluição	3	Decreto-Lei nº 306/2007
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> /l	250	Decreto-Lei nº 306/2007
Sódio	mg Na/l	200	Decreto-Lei nº 306/2007
Sabor	Fator diluição	3	Decreto-Lei nº 306/2007
Nº de colónias a 22°C	Nº/ml	100	Decreto-Lei nº 306/2007

Nº de colónias a 37°C	Nº/ml	20	Decreto-Lei nº 306/2007
Bactérias coliformes	Nº/100 ml	0	Decreto-Lei nº 306/2007
Turvação	UNT	1	nº2/2011 da ERSAR
Alfa-total	Bq/l	0,1	nº2/2011 da ERSAR
Beta-total	Bq/l	0,1	nº2/2011 da ERSAR
Trítio	Bq/l	100	Decreto-Lei nº 306/2007
Dose indicativa total	mSV/ano	0,1	Decreto-Lei nº 306/2007
Cloro residual livre	mg/l	0,2-1	nº2/2011 da ERSAR

# Anexo 3

Tabelas de resultados dos parâmetros do  
indicador da Qualidade da Água Tratada

**Anexo 3.a** Quadro com os resultados dos parâmetros do indicador da qualidade da água tratada na ETA de Tavira, para o período de 2011 a 2015.

Parâmetros	2015	2014	2013	2012	2011
Acrilamida	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Antimónio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Arsénio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Benzeno	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Benzeno (a) pireno				100 %	100 %
Boro	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Bromato	98,11 %	100 %	100 %	100 %	98,11 %
Cádmio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Crómio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cobre	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cianeto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
1,2-Dicloroetano	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Epicloridrina	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Floureto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Chumbo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Mercúrio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Níquel	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitrato	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitrito	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Pesticida individual				100 %	100 %
Pesticidas totais				100 %	100 %
PAH					100 %
Selénio	100 %	100 %	100 %	100 %	100%
Tetracloroetano e tricloroetano	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
THM	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cloreto de vinilo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
E.coli	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Enterococos	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Alumínio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Azoto amoniacal	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cálcio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cloreto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Clostridium perfringens	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cor				100 %	100 %
Condutividade	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Dureza total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
pH	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Ferro	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Magnésio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Manganês	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Microcistinas – LR total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Cheiro				100 %	100 %
Sulfato	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Sódio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Sabor				100 %	100 %
Nº de colónias a 22 °C	100 %	100 %	100 %	100 %	98,08 %
Nº de colónicas a 37 °C	100 %	100 %	100 %	100 %	99,04 %
Bactérias coliformes	100 %	100 %	99,07 %	99,09 %	98,21 %
Turvação	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Alfa-total	100 %				
Trítio	100 %				
Dose indicativa total	100 %				
Cloro residual livre	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

**Anexo 3.b** Quadro com Resultados dos parâmetros do indicador da qualidade da água tratada na ETA de Beliche, para o período de 2011 a 2015.

Parâmetros	2015	2014	2013	2012	2011
Acrilamida	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Antimónio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Arsénio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Benzeno	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Benzeno (a) pireno				100 %	100 %
Boro	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Bromato	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cádmio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Crómio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cobre	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cianeto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
1,2-Dicloroetano	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Epicloridrina	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Fluoreto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Chumbo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Mercúrio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Níquel	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitrato	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nitrito	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Pesticida individual				100 %	100 %
Pesticidas totais				100 %	100 %
PAH				100 %	100 %
Selénio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Tetracloroetano e tricloroetano	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
THM	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Cloreto de vinilo	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
E.coli	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Enterococos	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Alumínio	100 %	95,71 %	98,57 %	100 %	100 %
Azoto amoniacal	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cálcio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cloreto	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Clostridium perfringens	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cor	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Condutividade	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Dureza total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
pH	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Ferro	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Magnésio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Manganês	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Microcistinas – LR total	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cheiro					100 %
Sulfato	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Sódio	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Sabor				100 %	100 %
Nº de colónias a 22 °C	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Nº de colónicas a 37 °C	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Bactérias coliformes	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Turvação	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cloro residual livre	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

# Anexo 4

Gráficos de indicadores de desempenho  
para o período de 2006 a 2009 para a ETA  
de Tavira e Beliche

## Anexo 4.a - Resultados dos indicadores na ETA de Tavira no período de 2006 a 2009

### Qualidade de água tratada

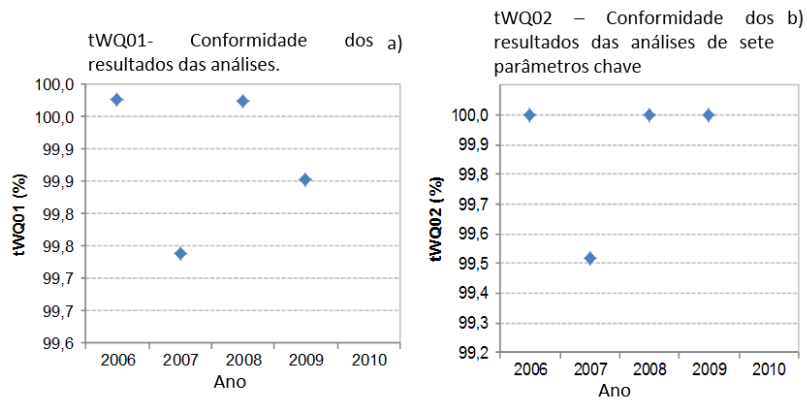


Figura 27- Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Tavira, a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2006 a 2009.

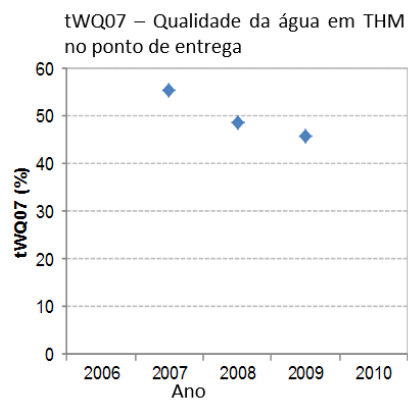


Figura 28 - Resultados do cumprimento da qualidade da água nos pontos de entrega relativo ao teor máximo de THM, para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009.

## Eficiência e fiabilidade

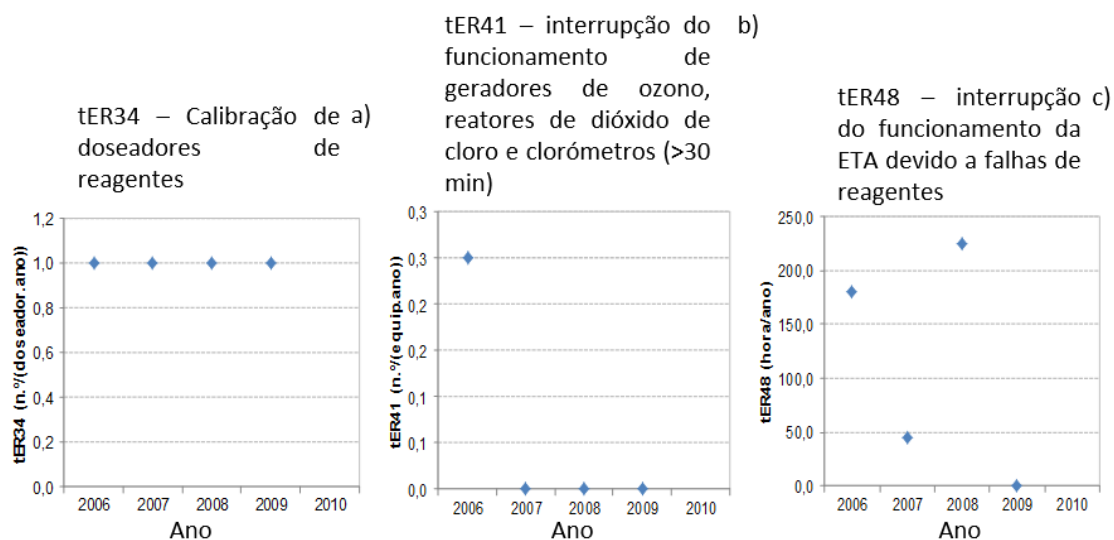


Figura 29 - Resultados para a ETA de Tavira, da calibração de doseadores de reagentes a), interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min) b) e interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes c), para o período de 2006 a 2009.

## Utilização de água, energia e materiais

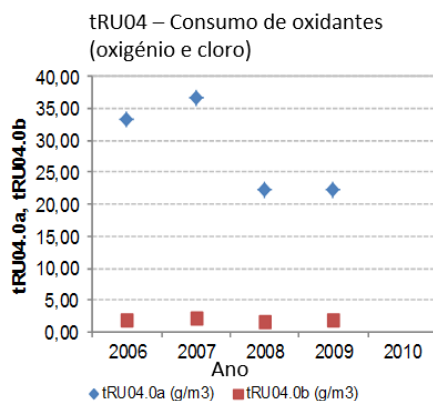


Figura 30 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Tavira, no período de 2006 a 2009. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b - cloro.

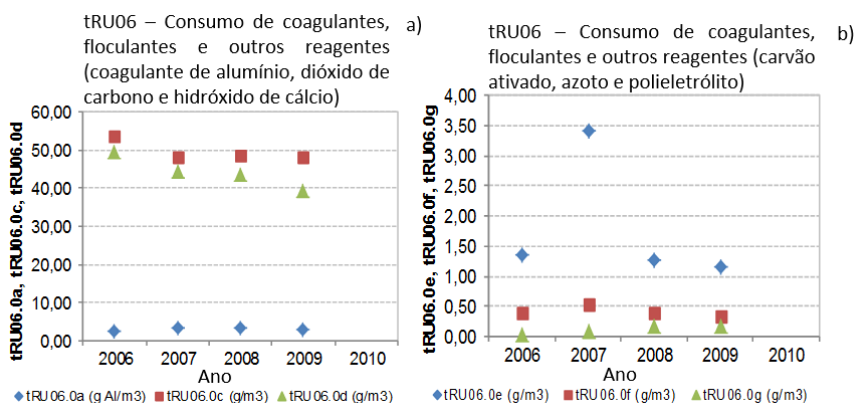


Figura 31  
Resultados do consumo de coagulantes, flocculantes e outros reagentes para a ETA de Tavira no período de 2006 a 2009, a) tRU06.0a – coagulante de alumínio, tRU06.0c – dióxido de carbono, tRU06.0d – hidróxido de cálcio; b) tRU06.0e – carvão ativado, tRU06.0f – azoto, tRU06.0g – polielectrólito.

## Gestão de subprodutos

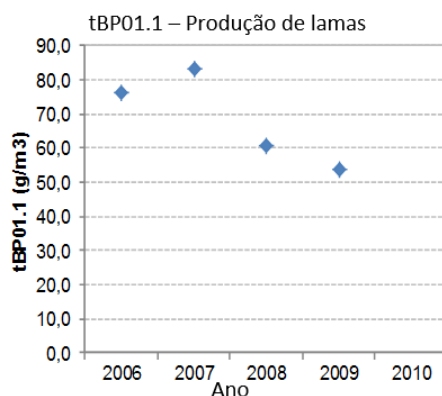


Figura 32 - Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009.

## Recursos Humanos

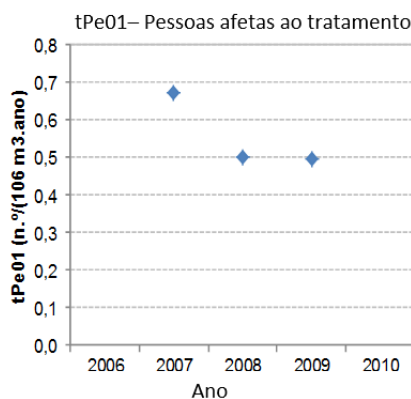


Figura 33 - Resultados do indicador de pessoal afetado ao tratamento, na ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009.

## Recursos económico-financieros

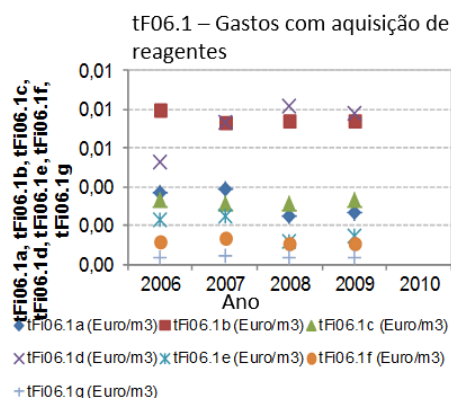


Figura 34 – Resultados do indicador relativo ao gasto com a aquisição de reagentes em função da água tratada (tFi06.1) para a ETA de Tavira, para o período de 2006 a 2009.

## Anexo 4.b – Resultados dos indicadores na ETA de Beliche no período de 2006 a 2009.

### Domínio de avaliação de desempenho da qualidade de água tratada

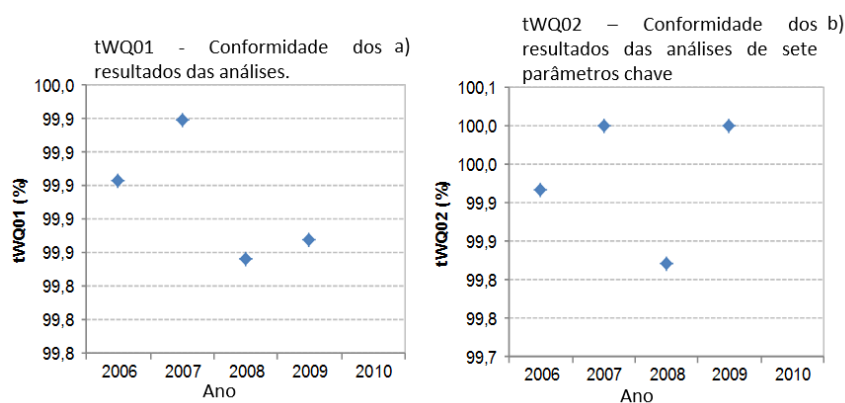


Figura 35 - Resultados do cumprimento de critérios de qualidade da água à saída da ETA de Beliche a) todas as análises e b) sete parâmetros chave, para o período de 2006 a 2009.

## Domínio de avaliação de desempenho de eficiência e fiabilidade

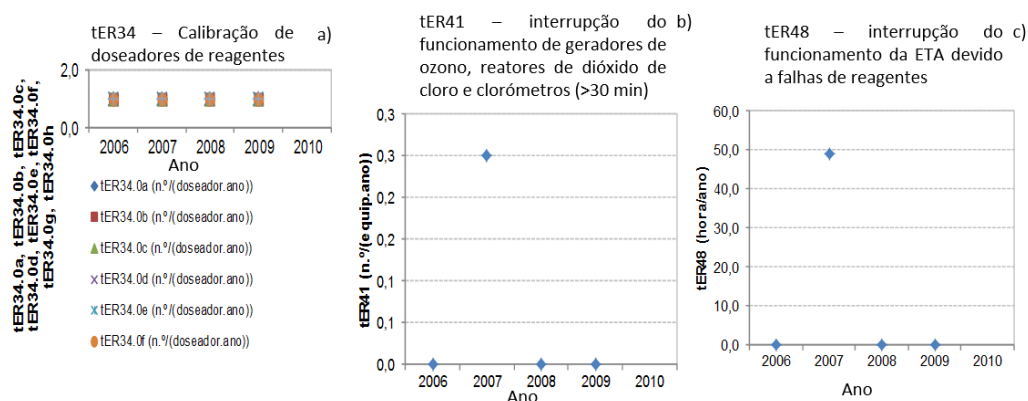


Figura 36 - Resultados para a ETA de Beliche, da calibração de doseadores de reagentes a), interrupção do funcionamento de geradores de ozono, reatores de dióxido de cloro e clorómetros (>30 min) b) e interrupção do funcionamento da ETA devido a falhas de reagentes c), para o período de 2006 a 2009.

## Domínio de avaliação de desempenho de utilização de água, energia e materiais

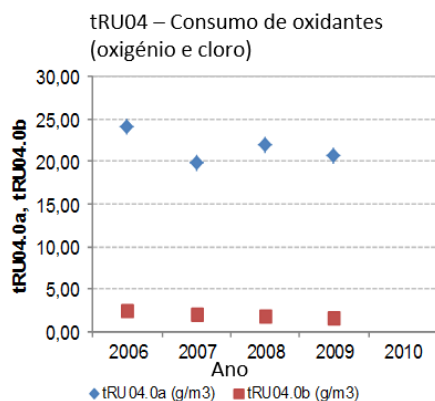


Figura 37 - Resultados para consumo de oxidantes por metro cúbico de água tratada para a ETA de Beliche, no período de 2006 a 2009. tRU04.0a - oxigénio e tRU04.0b - cloro.

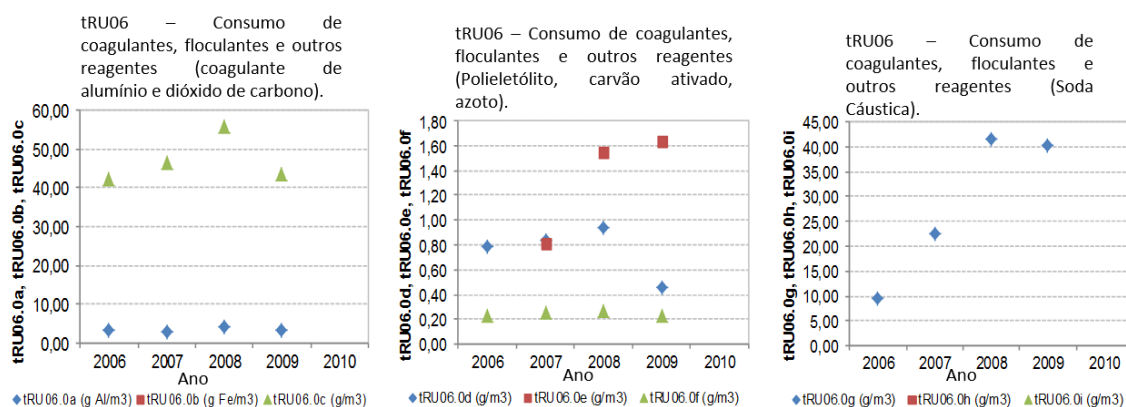


Figura 38 - Resultados do consumo de coagulantes, floculantes e outros reagentes para a ETA de Beliche no período de 2006 a 2009. a) tRU06.0a – coagulante de alumínio, tRU06.0c – dióxido de carbono; b) tRU06.0d – polielectrolito, tRU06.0e – carvão ativado, tRU06.0f – azoto; c) tRU06.0g – hidróxido de cálcio.

## Domínio de avaliação de desempenho gestão de subprodutos

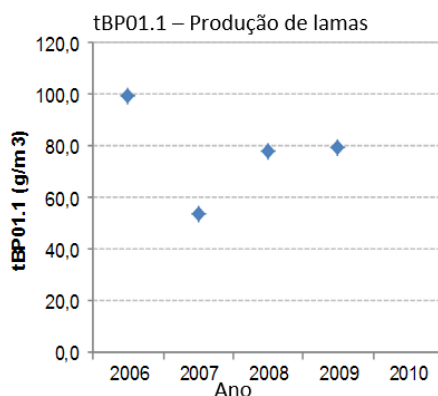


Figura 39 - Resultados do indicador de produção de lamas, lamas produzidas em função da água tratada, para a ETA de Beliche, para o período de 2006 a 2009.

## Domínio de avaliação de desempenho de Recursos humanos

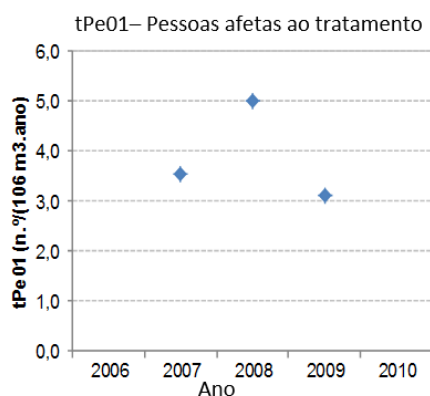


Figura 40 - Resultados do indicador de pessoal afeto ao tratamento, na ETA de Beliche, para o período de 2006 a 2009.

## Domínio de avaliação de desempenho económico-financeiros

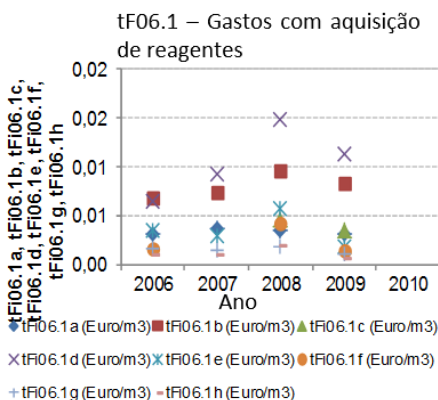


Figura 41 - Resultados do indicador sobre os gastos com a aquisição de reagentes em função da água tratada, para a ETA de Beliche, no período de 2006 a 2009.