

**Avaliação da Eficiência dos
Serviços de Abastecimento de Água em Portugal Continental
com Recurso à Análise Envoltória de Dados**

Francisco Carvalho Fernandes de Avelar Ghira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos

Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Orientadores

Professor António Jorge Silva Guerreiro Monteiro

Professora Ana Fonseca Galvão

Júri

Presidente: Professor Rodrigo de Almada Cardoso Proença de Oliveira

Orientador: Professor António Jorge Silva Guerreiro Monteiro

Vogal: Engenheira Paula Cristina Rolo Freixial

Abril 2017

Agradecimentos

Aos meus pais, aos meus irmãos e à minha irmã.

Dedico este trabalho à minha família: Teresa, Luís, Guilherme, Pedro e Madalena, a quem devo o maior de todos os agradecimentos pelos meios que colocaram à minha disposição, pelo carinho incondicional e por me ensinarem o que mil livros ainda hoje não sabem explicar.

Quero deixar também uma palavra aos meus amigos. Ao Xico, ao Manel e ao Rui, pela grande paciência que têm para mim desde há vários anos. Ao Bernardo e ao Thomas, pelo privilégio de nos termos cruzado nesta jornada académica.

Agradeço, ainda, aos meus orientadores. Ao Professor A. J. Monteiro, por me ter lançado um tema de dissertação tão inesperado quanto desafiante. E à Professora Ana Galvão, por toda a prontidão e disponibilidade.

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	ix
<i>Abstract</i>	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Índice de Figuras	xv
Índice de Anexos	xvii
Acrónimos.....	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. A REGULAÇÃO DOS SAS.....	3
2.1. Falhas de mercado e necessidade de regulação	3
2.2. Objetivos da regulação	6
2.2.1. Proteger os utilizadores quanto às obrigações de serviço público	6
2.2.2. Promover a eficiência e a inovação.....	6
2.2.3. Assegurar a estabilidade, a sustentabilidade e a robustez dos SAS.....	9
2.3. Âmbitos da regulação e abordagens ao mercado	9
2.3.1. A regulação <i>sunshine</i>	10
2.3.2. Benchmarking	11
2.4. Regulação económica dos SAS	13
2.4.1. Regulação por taxa de remuneração	13
2.4.2. Regulação por incentivos de desempenho	14
2.5. O caso português (síntese).....	19
3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO MÉTODO DE ANÁLISE.....	21
3.1. DEA como método de avaliação de desempenho	21
3.1.1. Introdução à análise envoltória de dados	21
3.1.2. Medição de eficiência através da DEA	22
3.2. Modelos de análise: <i>Envelopment Models</i> e <i>Value-based Models</i>	33
3.2.1. <i>Envelopment Models</i>	33
3.2.2. <i>Value-based Models</i>	35
3.3. Hipótese de retornos à escala variáveis – <i>variable returns to scale (VRS)</i>	38
3.3.1. Cálculo de eficiência técnica pura e de eficiência de escala – análise gráfica	38
3.3.2. Computação num contexto de VRS - escala de operação mais produtiva	40
3.4. <i>Software PIM-DEA V3.2</i>	41
3.5. Síntese.....	42

4. CORPO DA ANÁLISE.....	43
4.1. Análise preliminar	43
4.1.1. Universo das entidades sob análise	43
4.1.2. Características do setor passíveis de influenciar uma análise do tipo DEA.....	44
4.2. Escolha de combinações (combos) e reconhecimento das DMUs.....	45
4.2.1. A escolha de variáveis – fundamentos gerais	47
4.2.2. Variáveis de <i>input</i> – [G], [P] e [V]	51
4.2.3. Variáveis de <i>output</i> – [A], [C], [E] e [R].....	53
4.2.4. Seleção de DMUs	54
4.3. Dados introduzidos nos modelos DEA – Níveis iniciais (recolha ERSAR).....	55
4.4. Combo 1 – Gastos totais	56
4.4.1. Motivação	56
4.4.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados.....	57
4.4.3. Análise CRS.....	60
4.4.4. Análise VRS.....	63
4.5. Combo 2 - Perdas Reais.....	67
4.5.1. Motivação	67
4.5.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados.....	67
4.5.3. Análises CRS	70
4.5.4. Análise VRS.....	72
4.6. Combo 3 – Análise <i>multi-input/multi-output</i>	73
4.6.1. Motivação	73
4.6.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados.....	73
4.6.3. Análise CRS e VRS	74
4.7. Aplicabilidade da DEA.....	76
5. CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS	79
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	81
ANEXOS.....	83

Resumo

A presente dissertação consiste numa primeira abordagem à utilização da análise envoltória de dados (DEA) no setor das companhias de água e surge após o alargamento da recolha de dados sobre o desempenho dos serviços de abastecimento de água a todas as entidades gestoras no território do continente. A DEA é apresentada como uma ferramenta ao dispor da regulação, inserida num setor caracterizado por falhas de mercado que o tornam ineficiente e tendem a afastá-lo do ideal de concorrência perfeita.

A DEA é proposta como um método para apurar os melhores compromissos entre os gastos efetuados e os níveis de serviço apresentados aos consumidores. As análises efetuadas dizem respeito à eficiência relativa das unidades de gestão, uma vez que as companhias são comparadas entre si, criando uma espécie de concorrência artificial. As unidades eficientes identificadas são aquelas que recaem sobre a fronteira de um espaço multidimensional composto por todas as combinações entre inputs e outputs viáveis. A legitimidade dos pares de referência é minuciosamente escrutinada bem como a filosofia de retornos à escala (constantes ou variáveis).

A avaliação transmite em que medida as companhias podem melhorar o seu desempenho em relação à eficiência de gastos totais e perdas de água, evidenciando, também, que o setor pode melhorar como um todo. A DEA evidencia que a exigência das melhorias preconizadas está sobretudo relacionada com a significativa diferença de idade das infraestruturas e com a disparidade da escala a que cada unidade opera.

Palavras-chave: DEA; eficiência de gastos; eficiência de perdas

Abstract

The present work consists of a first approach to the use of Data Envelopment Analysis (DEA) in the Portuguese water companies' sector. As bulk information regarding the performance of the water utilities increase due to regulation concerns, opportunities for a better knowledge of the water sector arise as well. DEA is therefore presented as a tool at the Regulator disposal in a sector characterised by market failures that prevent it to move towards an efficient (perfectly competitive) equilibrium.

DEA method is put forth as an instrument to assess how companies use their expenditure in order to provide the observed levels of service to their customers. Moreover, the evaluations made by DEA refer to the decision making units' efficiency in comparative terms, as they are compared between each other, creating a sort of artificial competition. The efficient units identified consist of those that lie in the boundary of a multidimensional space containing all the feasible input-output combinations. Such benchmark units are thoroughly examined, as well as the returns to scale philosophy that underpins the conducted assessment.

The evaluation undertaken gives a first account of how much companies can improve their performance regarding total expenditure and water losses, showing that the sector as a whole can also evolve significantly. DEA recommends very demanding target-values that are eventually related to the disparity of units' scale size and to the flagrant contrast between main ageing.

Keywords: DEA, performance measurement, total expenditure efficiency, water loss efficiency

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Caso <i>multi-input</i> onde 2 <i>inputs</i> (X_1 e X_2) retornam um único <i>output</i> (Y).	29
Tabela 4.1 - Variáveis DEA potenciais eleitas de entre os dados fornecidos pela ERSAR.	48
Tabela 4.2 - Variáveis para aplicação da DEA aos SAS.	51
Tabela 4.3 - Quantificação da ocorrência de zeros nas potenciais variáveis de <i>input</i>	52
Tabela 4.4 - Classificação das variáveis como <i>inputs</i> ou <i>outputs</i>	53
Tabela 4.5 - Quantificação da ocorrência de zeros e de não-respostas.	54
Tabela 4.6 - Fiabilidade média da informação fornecida pelas EGs em baixa para cada uma das variáveis.	55
Tabela 4.7 - Influência da introdução da variável [A] na análise dos Gastos em alta.	57
Tabela 4.8 - Variáveis finais do <i>Combo 1</i> (alta e baixa).	59
Tabela 4.9 - Taxa de sucesso na obtenção de pares de referência dentro da Tipologia.	62
Tabela 4.10 - Pesos virtuais, Tipologia e CCDR das unidades de referência do <i>Combo 1b</i>	63
Tabela 4.11 - ETI, valores-alvo para a variável [G] e <i>benchmark peers</i> para as DMUs não eficientes nos extremos da análise (5 mais ineficientes e 5 menos ineficientes).	65
Tabela 4.12 - Comparação dos gastos preconizados para o setor em alta nos contextos de CRS e VRS.	65
Tabela 4.13 - Comparação dos gastos preconizados para o setor em baixa nos contextos de CRS e VRS.	66
Tabela 4.14 - Influência da introdução da variável [A] na análise das Perdas em alta.	69
Tabela 4.15 - Variáveis finais do <i>Combo 2</i> (alta e baixa).	70
Tabela 4.16 - Comparação dos volumes de perdas preconizados para o setor em alta nos contextos de CRS e VRS.	71
Tabela 4.17 - Comparação dos volumes de perdas preconizados para o setor em baixa nos contextos de CRS e VRS.	71
Tabela 4.18 - Variáveis finais do <i>Combo 3</i> (alta e baixa).	74
Tabela 4.19 - Reduções de Gastos e Perdas preconizadas nos diferentes <i>Combos</i> em baixa para as DMUs eficientes do <i>Combo 3b</i>	76

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Decomposição da eficiência (retirado de MARQUES [2011]).....	8
Figura 2.2 - Incentivos para os operadores e transferência dos ganhos de eficiência para os utilizadores na regulação por limite de preços (adaptado de MARQUES [2011]).	15
Figura 2.3 - Métodos de <i>benchmarking</i> (retirado de MARQUES [2011]).	19
Figura 3.1 - Transformação de <i>inputs</i> em <i>outputs</i> por parte das DMUs (adaptado de THANASSOULIS [2001]).	22
Figura 3.2 - Representação da fronteira eficiente de uma correspondência entre um <i>input</i> e um <i>output</i> em condições VRS (adaptado de THANASSOULIS [2001]).	24
Figura 3.3 - PPS para o caso <i>1input-1output</i>	25
Figura 3.4 - Visão em corte do PPS das DMUs 1 a N para o plano em que o nível do <i>output Y</i> é igual à unidade.....	29
Figura 3.5 - Noção gráfica da ETI das unidades dentro e na fronteira do PPS (adaptado de THANASSOULIS [2001]).	31
Figura 3.6 - Fronteiras CRS e VRS.	39
Figura 4.1 - Códigos que identificam os dados e os indicadores utilizados pela ERSAR.	43
Figura 4.2 - Os 3 <i>combos</i> submetidos à DEA, caracterizados pelas suas variáveis de <i>input</i>	46

Índice de Anexos

ANEXO 1 - Bandas de fiabilidade da informação recolhida	85
ANEXO 2 - Correlações entre as variáveis (alta e baixa)	85
ANEXO 3 - Componentes do balanço hídrico	86
ANEXO 4 - Dados para as DMUs em alta (ERSAR).....	87
ANEXO 5 - Dados para as DMUs em baixa (ERSAR)	88
ANEXO 6 - Impactos no <i>Combo 1b</i> para diferentes combinações	93
ANEXO 7 - <i>Combo 1a</i> – Env. Model/ <i>Value-based Model</i> (CRS e VRS)	97
ANEXO 8 - <i>Combo 1a</i> - λ , Valores-alvo e Folgas (CRS)	98
ANEXO 9 - <i>Combo 1a</i> - λ , Valores-alvo e Folgas (VRS)	98
ANEXO 10 - <i>Combo 1a</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	99
ANEXO 11 - <i>Combo 1b</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	100
ANEXO 12 - <i>Combo 2a</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	101
ANEXO 13 - <i>Combo 2b</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	102
ANEXO 14 - <i>Combo 3a</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	103
ANEXO 15 - <i>Combo 3b</i> - Unidades de referência e indicadores ERSAR	104

Acrónimos

[A]	Variável «Alojamentos»
AA	(Serviços de) Abastecimento de Água
AeA	CCDR Alentejo e Algarve
AMU	Área Mediamente Urbana
APR	Área Predominantemente Rural
APU	Área Predominantemente Urbana
AR	(Serviços de) Águas Residuais
[C]	Variável «Consumo autorizado»
CCDR	Comissão(ões) de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CLVT	CCDR Centro e CCDR Lisboa e Vale do Tejo
CM	Câmara Municipal
Combo	Combinação de variáveis de <i>input</i> e <i>output</i> a submeter à DEA
CRS	Retornos à Escala Constantes (<i>Constant Returns to Scale</i>)
DEA	Análise Envoltória de Dados (<i>Data Envelopment Analysis</i>)
DMU	Unidade de Tomada de Decisão (<i>Decision Making Unit</i>)
DRS	Retornos à Escala Decrescentes (<i>Decreasing Returns to Scale</i>)
[E]	Variável «Extensão de rede»
EEI	Eficiência de Escala de <i>Input</i>
EEO	Eficiência de Escala de <i>Output</i>
EG	Entidade Gestora
EOMP	Escala de Operação Mais Produtiva
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ET	Eficiência Técnica
ETI	Eficiência Técnica de <i>Input</i>
ETO	Eficiência Técnica de <i>Output</i>
ETPI	Eficiência Técnica Pura de <i>Input</i>
ETPO	Eficiência Técnica Pura de <i>Output</i>
[F]	Variável «Falhas no abastecimento»
[G]	Gastos totais
IPC	Índice de Preços no Consumidor
IRS	Retornos à Escala Crescentes (<i>Increasing Returns to Scale</i>)
IWA	<i>Internacional Water Association</i>
[M]	Variável «Condutas reabilitadas nos últimos 5 anos»
N	CCDR Norte

OLS	Métodos dos mínimos quadrados (<i>Ordinary least squares regression</i>)
[P]	Variável «Perdas reais»
PPS	Conjunto de Possibilidades de Produção (<i>Production Possibility Set</i>)
[R]	Variável «Ramais de ligação»
RASARP	Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (ERSAR)
RTS	Retornos à Escala (<i>Returns To Scale</i>)
SAS	Serviço(s) de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
SIEG	Serviço(s) de Interesse Económico Geral
SFA	Análise de Fronteiras Estocásticas (<i>Stochastis Frontier Analysis</i>)
TFP	Produtividade total dos fatores (<i>Total Factors Productivity</i>)
[V]	Variável «Avarias»
VRS	Retornos à Escala Variáveis (<i>Variable Returns to Scale</i>)

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação de mestrado surge num contexto de aperfeiçoamento da ação regulatória sobre o setor dos Serviços de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (SAS). Com efeito, todos os intervenientes do setor têm agora ao seu alcance uma extensa recolha de dados efetuada pela Entidade Reguladora dos serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), que tem por objetivo melhorar o conhecimento sobre o setor das águas, divulgar os resultados da atuação das várias entidades gestoras (EGs) e fazer evoluir a estratégia de regulação, bem como as ferramentas ao seu dispor. A existência desta informação permite já elaborar os relatórios anuais desenvolvidos pela ERSAR, apoiados em indicadores de performance económica e financeira, da qualidade do serviço prestado e da qualidade da água para consumo humano, no entanto, abre-se agora caminho para um escrutínio mais minucioso do comportamento das entidades gestoras, com vista à introdução de novas metas regulatórias e, sobretudo, à disseminação das melhores práticas.

O desafio da presente dissertação consiste em apresentar uma ferramenta regulatória que, embora tenha já sido utilizada no setor dos SAS sobretudo no Reino Unido e noutras regiões de influência anglo-saxónica, nunca foi introduzida nestes serviços em Portugal. A *Data Envelopment Analysis*, tal como é apelidada, busca a captura das eficiências relativas de unidades operacionais com características comparáveis entre si, pretendendo-se testar a sua adaptabilidade ao setor dos SAS, em particular às entidades prestadoras de serviços de abastecimento de água em alta e em baixa. O estudo procura não apenas efetuar uma avaliação de eficiência relativa das EGs, mas também utilizar esta ferramenta de análise para aumentar a compreensão dos processos inerentes à sua atuação, bem como perceber até que ponto as escalas de intervenção das companhias beneficiam ou prejudicam a eficiência dos gastos operacionais realizados.

Acreditando que este é apenas um ponto de partida para novas investigações, sustenta-se que a constante inovação por parte das entidades prestadoras dos serviços de adução e abastecimento das populações é algo basilar para a obtenção de um custo justo para o utilizador-pagador. Se, num primeiro momento, as melhorias trazidas pelos avanços tecnológicos se traduzem em eficiências que jogam a favor das empresas, então, apenas uma regulação atenta e consciente da vantagem aportada pela inovação pode saber como transportar tais benefícios para os utilizadores, defendendo e satisfazendo os interesses de todas as partes intervenientes. Note-se, ainda, que a questão da privatização dos sistemas é referida a propósito de mera contextualização internacional, rejeitando-se, desde já, a noção de que a presente ferramenta regulatória se enquadra apenas num esquema de mercado maioritariamente privatizado.

Este documento encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro deles a presente introdução.

O segundo capítulo versa sobre o estado da arte da regulação em termos nacionais e internacionais. Introduce os modelos regulatórios mais utilizados internacionalmente, apresenta diversas abordagens de regulação e contextualiza a DEA no conjunto das ferramentas regulatórias mais difundidas.

O terceiro capítulo expõe o método de análise de dados do tipo DEA, detalhando os seus modelos básicos e examinando os conceitos teóricos por detrás deste instrumento de programação linear. É, ainda, apresentado o *software* PIM DEA que permite agilizar as avaliações de eficiência e que fornece ao usuário uma interface de uso intuitivo.

A análise ao universo das entidades gestoras nacionais é feita no quarto capítulo. Aqui, fundamenta-se a escolha dos vários exames em torno do objetivo último de apurar a eficiência das companhias, bem como se justificam as variáveis adotadas em cada análise e a triagem das EGs sob avaliação. Os resultados são apresentados e criticados, dando-se ênfase à primeira combinação de variáveis, a propósito da eficiência de gastos totais das entidades gestoras.

No quinto e último capítulo fazem-se as considerações finais, resumindo-se alguns assuntos que carecem de investigação no futuro e lançando outros desafios com vista ao desenvolvimento deste setor em Portugal¹.

¹ Por ausência de outros dados, a dissertação baseia-se apenas na ação dos SAS no território continental.

2. A REGULAÇÃO DOS SAS

2.1. Falhas de mercado e necessidade de regulação

De acordo com FRIEDMAN [2002], qualquer mercado apresenta um ou mais tipos de falhas, não funcionando, portanto, de forma perfeita. Esse facto não constitui, porém, razão para menosprezar o desenvolvimento que várias economias baseadas nestes mercados têm registado. Segundo este autor, revela-se de extrema importância entender as fraquezas que um determinado setor apresenta e encontrar políticas governamentais e/ou outras decisões relativas ao mesmo que mitiguem tais imperfeições e zelem pelo progresso económico. Pretende-se, numa abordagem inicial, examinar o mercado dos SAS e saber em que medida o seu funcionamento normal (entenda-se livre) não conduz a uma situação de equilíbrio eficiente, isto é, entender *como e por que razões* esta indústria tende a afastar-se do ideal de concorrência perfeita.

O caso dos SAS constitui, segundo MARQUES [2011], um exemplo de um mercado com falhas. As principais debilidades destes serviços apresentam-se aqui resumidamente e evidenciam a necessidade de uma coordenação extraordinária por forma a corrigir as ineficiências que naturalmente surgem.

Monopólio natural. Sobretudo nos países desenvolvidos, por disponibilizarem os seus serviços aos utilizadores através de uma estrutura em rede fixa, os SAS são exemplos típicos de estruturas monopolistas, já que não é verosímil a coexistência de qualquer rede alternativa. A instalação e a manutenção destes serviços, além de por vezes complexas, implicam uma considerável perturbação da vida pública, pelo que os governos impõem a existência de uma só rede encarregue da distribuição desse bem numa determinada área. KRUGMAN e WELLS [2005] identificam este aspeto como um dos principais tipos de barreiras à entrada de novos competidores, ao qual somam a presença de economias de escala e a necessidade de controlo de um bem escasso (água como bem económico quase-público).

Economias de escala. Os SAS apresentam rendimentos à escala crescentes, já que os custos unitários de produção são decrescentes para quantidades de procura progressivamente maiores. Contudo, para cada país ou região, e especialmente para os sistemas em baixa, este efeito é sentido apenas até uma dimensão ótima a partir da qual passam a existir deseconomias de escala. Assim, juntamente com o ponto anterior, conclui-se que a entrada de novos *players* no mercado se encontra muito condicionada, atestando-se que cada mercado suporta apenas uma entidade gestora. É portanto aniquilada a possibilidade de concorrência, sendo, desde logo, inconcebível a autorregulação.

Economias de gama. Verifica-se a existência de economias de gama quando uma mesma entidade gestora desempenha duas atividades distintas como, por exemplo, o serviço de abastecimento de água e o saneamento de águas residuais, ou a verticalização do serviço prestado ao consumidor (em que o mesmo operador cumpre todas as fases da fileira produtiva: alta e baixa).

Economias de densidade. Por terem custos fixos elevados, os SAS evidenciam economias de densidade crescentes, no sentido em que a amortização do investimento é facilitada por um crescimento feito por via do aumento da densidade territorial, em oposição àquele feito por via do aumento de extensão.

Custos irrecuperáveis. As entidades gestoras dos SAS são geralmente caracterizadas por ativos fixos elevados, de capital intensivo e associados a períodos de retorno prolongados. A título de exemplo, e para o caso do serviço de água para consumo, o ativo fixo representa as captações de água, as estações de tratamento, os reservatórios, as estações elevatórias e tubagens de adução e distribuição, qualquer um deles com horizontes de projeto de várias dezenas de anos. Note-se, ainda, que grande parte destas infraestruturas está enterrada, não sendo expedita a verificação do seu estado de conservação, e não possuiu usos alternativos, sendo normalmente inviável a sua venda ou transferência para outra localização. Por estes motivos, o custo destes componentes é considerado irrecuperável, o que corresponde a um risco que tem de ser devidamente alocado e acautelado por eventuais investidores e que condiciona novas entradas no mercado dos SAS.

Informação assimétrica. MARQUES [2011] identifica dois tipos de falhas de informação geradas por informação assimétrica por parte dos *stakeholders*: problemas de informação de risco moral e problemas de seleção adversa. O primeiro prende-se com as variáveis endógenas à entidade regulada às quais o regulador e outros *stakeholders* não têm acesso. Podem dizer respeito a informação escondida ou a distorção de custos ou da sua respetiva alocação. O segundo problema sucede quando o operador detém mais informação do que o regulador, ou seja, quando conhece melhor o mercado do que o regulador ou os restantes intervenientes. Os agentes exteriores às entidades gestoras possuem informação deficiente sobre a qualidade dos serviços ou dos produtos, sobre o seu desempenho e, sobretudo, sobre o seu valor.

Externalidades. Associadas aos SAS encontram-se externalidades positivas ou negativas, com consequências importantes para terceiros. Do lado das externalidades negativas tem-se o caso dos impactes negativos na saúde pública e no meio ambiente provocados, por exemplo, pela poluição decorrente do tratamento deficiente de águas residuais, que conjuntamente conduz a custos de tratamento superiores a jusante (princípios da *precaução*, da *prevenção*, da *correção* e da *cooperação*, identificados no DECRETO-LEI Nº 130/2012 e na Lei da Água e que devem ser observados pelas EGs, servindo de base à regulação). Do lado das externalidades positivas encontram-se os ganhos sociais para a saúde pública, provenientes da expansão das redes de fornecimento de água e recolha de águas residuais.

Bem quase-público. MARQUES [2011] aponta o facto de a água que outrora era tida como um bem livre ser hoje aceite como um bem económico. Atendendo à não rivalidade de consumo ou usufruto por parte dos utilizadores e à quase não exclusão que caracterizam o mercado dos SAS, a água pode ser considerada um bem quase-público. O custo marginal da extensão do serviço é próximo de zero e, ainda que seja possível o desligamento dos serviços, o seu valor social ultrapassa largamente o seu valor económico, pelo que a exclusão dos serviços deve apenas ser instituída em situações muito particulares.

Ambiente operacional. A presença de condicionalismos exógenos à gestão dos SAS conduz a que não existam dois operadores idênticos. De facto, a disponibilidade e a qualidade da água na origem, as condições topográficas, a geologia dos terrenos, a densidade populacional e até as características sociais da região servida, entre outros fatores, particularizam o ambiente operacional e institucional onde atuam os SAS, influenciando fortemente a estrutura de custos das entidades gestoras.

Serviço de Interesse Económico Geral. Estes serviços podem ser reconhecidos como Serviços de Interesse Económico Geral (SIEG) desde que se lhes imponha a condição de autossustentabilidade que se procura que ocorra na maioria dos países [MARQUES, 2011]. Os SIEG são fundamentais na promoção da coesão económica e social, tendo, por conseguinte, um papel relevante e que em todo o caso deve obedecer a um conjunto de obrigações de serviço público. Destacam-se, assim, a universalidade, a equidade, a acessibilidade, a continuidade e a adaptabilidade, bem como a adoção de regras de boa conduta que permitam a transparência da gestão, do sistema tarifário e do financiamento, ficando expressa a necessidade de compatibilizar princípios de eficiência económica com os de *eficiência social*.

Todas as falhas assinaladas anteriormente atestam que estes mercados não possuem características próprias que lhes permitam evitar situações de ineficiência e que não vão ao encontro dos interesses dos seus utilizadores. Esta é porventura a principal razão que leva muitos países a evitar a privatização destes sistemas, sendo que esta separação de responsabilidade entre o setor público e o privado adquire níveis distintos em diferentes países da Europa e do mundo. Esta situação origina modelos de gestão diversos, mas que evidenciam uma tendência de privatização dos SAS, ainda que por diferentes vias, e de um uso crescente de capitais privados para fomentar o investimento e a inovação no setor. São exemplos deste paradigma o modelo francês, onde se permite que empresas privadas façam a gestão dos serviços de SAS, ainda que a titularidade das infraestruturas seja sempre do Estado, e o modelo inglês, onde não só a prestação dos serviços se encontra a cargo de entidades privadas, como também elas são proprietárias dos ativos infraestruturais. No entanto, independentemente do grau de privatização dos sistemas, ou mesmo no caso em que a sua posse é inteiramente pública (modelo de entidade gestora pública - modelo holandês), a listagem e compreensão das fragilidades desta indústria é, para além do mais, essencial para que se possam corrigir as ineficiências na alocação de recursos e traçar um plano de ação no sentido de as combater.

As debilidades no mercado dos SAS podem manifestar-se de diferentes formas. Não obstante, fica patente que os SAS são incapazes de funcionar em autorregulação ou sem regulação, o que obriga ao surgimento de entidades reguladoras que definam princípios de funcionamento do mercado e padrões mínimos de operação exigíveis às entidades gestoras (de índole pública, privada ou mista) no cumprimento deste serviço público.

2.2. Objetivos da regulação

Tendo em conta as condições anteriormente expostas, verifica-se que este tipo de mercado requer incentivos externos para se tornar mais eficiente e inovador. O Estado deve, portanto, assegurar a presença de uma ação reguladora capaz de melhorar continuamente a qualidade do serviço prestado, sem que isso implique aumentos da tarifa que comprometam os princípios relativos à prestação de um serviço público (ou de interesse económico geral).

Pretende-se, então, da regulação económica que estabeleça objetivos que vão de encontro aos interesses do país ou região, nomeadamente, às expectativas dos utilizadores, pelo que essas metas se querem tão ambiciosas porquanto sejam atingíveis e mensuráveis, de acordo com o nível de atendimento apresentado pelos operadores dessa mesma região. Segundo MARQUES [2011], estes objetivos podem muitas vezes ser traduzidos pela relação que apresentam entre a qualidade do serviço prestado e o preço para o utilizador/pagador, pretendendo:

- [i] Proteger os interesses dos utilizadores quanto às obrigações de serviço público;
- [ii] Promover a eficiência e a inovação;
- [iii] Assegurar a estabilidade, a sustentabilidade e a robustez dos SAS.

2.2.1. Proteger os utilizadores quanto às obrigações de serviço público

Os SAS, como serviços de infraestrutura em rede, devem respeitar os requisitos de universalidade, continuidade, qualidade do serviço, equidade, acessibilidade, proteção à saúde, segurança dos bens e serviços, opção por diferentes formas de pagamento, a representatividade e a participação dos utilizadores nas decisões e a existência de mecanismos de conciliação e resolução de conflitos, todos eles frequentes na globalidade dos serviços públicos. A forma como são satisfeitas e enquadradas as obrigações anteriores pode variar de país para país, sendo que no caso português, para o fornecimento de água para consumo humano e saneamento de águas residuais, as mesmas se encontram já estabelecidas na Lei da Água [DECRETO-LEI Nº 58/2005], pelo que se tornam objetivos principais da regulação no nosso país. Atenda-se, porém, a situações em que os princípios anteriores se cruzam, cabendo à entidade reguladora arbitrar conflitos (que por vezes têm múltiplas soluções alternativas viáveis) e impedir que se gerem ineficiências.

2.2.2. Promover a eficiência e a inovação

Sensibilidades diferentes concebem ideias distintas de como usar um determinado recurso escasso, no entanto é consensual que o desperdício inerente à sua manipulação deverá ser tão reduzido quanto se possa. Assim, qualquer redistribuição na utilização desse recurso que conduza ao benefício de um utilizador sem, com isso, prejudicar nenhum outro será bem acolhida ou mesmo desejada, já que se reduz o desperdício. Esta ideia esteve na base da primeira formulação de eficiência - avançada por Vilfredo Pareto (1848-1923) e denominada *ótimo de*

Pareto - e é empregue por Lee S. Friedman na hipótese de eficiência económica. FRIEDMAN [2002] aponta três condições necessárias para que se verifique a situação de *equilíbrio competitivo*:

Eficiência de consumo ou de transações. O funcionamento do mercado é perfeito no sentido em que, mesmo redistribuindo o consumo de determinado bem ou serviço, não é possível melhorar a utilidade de um agente económico sem degradar a de outro. Para dois agentes consumidores de dois tipos de bens, a taxa marginal de substituição entre esses bens é a mesma para ambos os agentes.

Eficiência produtiva. É impossível aumentar a quantidade de produção de um bem ou serviço sem diminuir a de outro.

Eficiência dos níveis de *outputs* ou do *mix* de produtos. Verificando-se ambas as condições anteriores, não existe qualquer outra combinação possível de produtos disponíveis no mercado para consumo cuja redistribuição pelos agentes permita melhorar a situação de um consumidor/fornecedor sem piorar a de outro consumidor/fornecedor.

Após a listagem das falhas de mercado realizada no separador anterior, uma vez mais se conclui que tais características do mercado dos SAS o impossibilitam de se aproximar desta situação teórica de eficiência económica e de equilíbrio competitivo. Estas particularidades dos SAS exigem à entidade reguladora que guie o mercado, rumo a uma situação de eficiência económica artificial que, não podendo coincidir com o tão desejado equilíbrio competitivo, permita ao menos um equilíbrio entre a satisfação dos interesses dos utilizadores, das entidades gestoras e dos demais intervenientes no setor.

Segundo MARQUES [2011], a promoção da eficiência e da inovação deve ser um dos principais desígnios da regulação. De facto, só um aprimoramento constante dos processos industriais, com vista ao aumento de eficiência de toda a fileira produtiva, permite aplicar melhor o dinheiro dos utilizadores ao longo do tempo e garantir eficazmente a proteção dos seus interesses. Contudo, importa assinalar a inevitabilidade de que tais metas possam colidir com os requisitos exigidos aos SAS na condição de serviços públicos, pelo que o regulador deve abrir espaço a um livre funcionamento do mercado, na medida em que isso beneficie o interesse público, e deixar que as questões sociais sejam naturalmente garantidas pelos órgãos ou instituições que tutelem poderes para tal efeito. A medição de eficiência nesta indústria pode, então, corresponder à comparação entre os valores observados para os fatores e os resultados da produção e os seus valores ótimos estimados [MARQUES 2011]. Dependendo do enfoque pretendido, este conceito genérico vai-se aprofundando, tornando-se numa ferramenta de avaliação do desempenho das entidades gestoras a vários níveis (*vide Figura 2.1*).

A eficiência pode ser decomposta em eficiência alocativa e eficiência produtiva. A primeira subentende a existência de um mercado concorrencial onde se torna possível uma distribuição (alocação) da prestação destes serviços pelos utilizadores com base no preço, privilegiando o benefício de todos – *eficiência de consumo ou de transações*. Atendendo à natureza monopolista dos SAS, esta avaliação é desapropriada. A eficiência produtiva tem

implícito o conceito de produção ao menor custo, podendo, portanto, ser dividida em eficiência técnica e eficiência de alocação de preços. A eficiência técnica tem por base a quantificação do desperdício que o processo produtivo eventualmente ocasiona e permite o enfoque da minimização de *inputs* e o enfoque da maximização de *outputs*, ambos a aprofundar adiante no âmbito da *data envelopment analysis* (DEA). Já a eficiência na alocação de preços permite avaliar em que medida a combinação de *inputs* aos preços praticados conduz à produção de uma combinação de *outputs* ao mínimo custo.

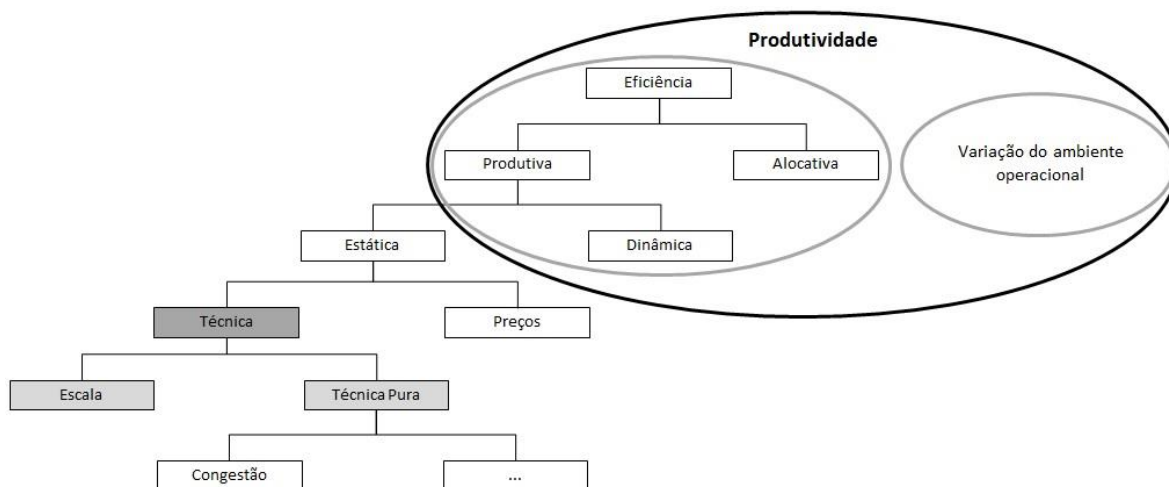


Figura 2.1 - Decomposição da eficiência (retirado de MARQUES [2011]).

A eficiência técnica pode, por sua vez, ser decomposta na vertente relacionada com a eficiência de escala, que mede o impacto da dimensão da entidade gestora na captura de eficiência, e na vertente relativa à eficiência técnica pura, que consiste na eficiência técnica líquida dos referidos efeitos de escala. Na presente dissertação, os resultados devolvidos pela DEA dizem respeito às noções de eficiência destacadas a sombreado na *Figura 2.1*: eficiência técnica e o seu desdobramento em eficiência de escala e eficiência técnica pura.

Apesar de o conceito de eficiência ter essencialmente uma natureza estática, existe alguma divergência doutrinária em relação à distribuição de eficiência produtiva pelas suas componentes estática e dinâmica, esta última associada à inovação e à mudança de tecnologias de produção ao longo do tempo. Note-se, até, que a promoção de um determinado tipo de eficiência pode ter implicações negativas noutra, o que influencia a escolha dos incentivos que se pretendem fornecer ao mercado. Observe-se um destes conflitos provocados pelas características próprias do mercado dos SAS: a maximização da eficiência estática requer a presença de uma única empresa (situação de monopólio natural supracitada), o que, por sua vez, diminui (ou extingue) a eficiência alocativa baseada em preços marginais; para obviar este facto seria necessário criar competição no mercado, logo, aumentar o número de entidades gestoras, gerando ineficiência estática [MARQUES, 2011].

2.2.3. Assegurar a estabilidade, a sustentabilidade e a robustez dos SAS

A regulação dos SAS deve promover a estabilidade no setor da água e fazer com que este se desenvolva de forma gradual e equilibrada, tornando-o versátil e robusto na confrontação com eventuais adversidades [MARQUES, 2011]. A entidade reguladora deve, então, focar-se na aplicação de políticas coerentes, que permitam um investimento racional ao longo do tempo e onde as expectativas não só dos investidores mas de todos os *stakeholders* sejam realizadas. Estas aspirações relacionam-se diretamente com o autofinanciamento destes serviços e com os princípios do utilizador/pagador e do poluidor/pagador, que pretendem uma cobertura tanto dos custos operacionais como dos custos de capital (incluindo-se aqui a remuneração de capitais próprios investidos) por parte dos utilizadores.

Por outro lado, as características naturais deste setor dificultam a liberalização do mercado, destacando-se desde logo razões de ordem técnica relacionadas com o transporte da água para consumo. Procura-se, assim, por via da regulação, substituir a competição no mercado por uma competição entre operadores pelos melhores desempenhos, recorrendo-se, nomeadamente, à *regulação por comparação (yardstick competition)* e às potencialidades do *benchmarking*. Este tipo de regulação acaba, então, por ser uma mão amiga dos operadores, na medida em que promove o conhecimento do mercado no seu todo (e o contrabalanço das suas falhas) e age emitindo pareceres de melhoria, em vez de tomar posições reativas e hostis ao mesmo.

De facto, mesmo nas regiões onde a liberalização do mercado é vista como benéfica, a realidade que se vive nos SAS encontra-se ainda distante do nível de desmantelamento de monopólios atingido nos serviços de energia e de telecomunicações. Contudo, verifica-se que as perversidades associadas a este tipo de estrutura de mercado se vão esbatendo com a empresarialização e mercantilização, no sentido em que existe um teto para os lucros dos investidores e se obriga a uma gestão mais transparente e passível de ser avaliada e julgada pelo público utilizador e pelos restantes *stakeholders*. Existe mesmo uma tendência de alargamento da contratualização e da concertação em torno da regulação dos serviços, o que implica uma maior responsabilização de todos os intervenientes e o combate das assimetrias de informação.

2.3. Âmbitos da regulação e abordagens ao mercado

Nem todos os países possuem mecanismos de regulação económica do setor. Em muitos dos casos a regulação é contratual ou tem apenas funções de supervisão e de controlo da qualidade do serviço prestado. Enumeram-se de seguida algumas razões para que assim seja.

A escala a que se processa a atribuição destes SIEG (geralmente municipal), ainda que eventualmente apresente uma eficiência aceitável, dificulta de sobremaneira a ação reguladora [MARQUES, 2011]. Se, por um lado, os pareceres emitidos por uma entidade de supervisão supramunicipal seriam sempre pouco coercivos devido à autonomia de que gozam estas entidades locais, por outro, a presença de várias instituições reguladoras a nível

local, se não for impossível, é, pelo menos, indesejável. Uma outra razão relativa à contratualização da prestação destes serviços dificulta a regulação económica. Se os princípios por que se rege o estabelecimento da tarifação se encontram definidos no contrato de concessão ou arrendamento e não são suscetíveis de serem alterados, já a qualidade do serviço contratualizada, ainda que possua alguma normalização, não está suficientemente acautelada pela simples razão de que nem todos os seus termos foram sujeitos a concurso. Uma última razão diz respeito à própria natureza dos SAS que, em primeira instância, foram introduzidos pelas autoridades nacionais, regionais ou municipais e geridos assumidamente como monopólios em prol do bem-estar das populações.

Sobretudo nos casos em que estes serviços são integralmente geridos e titulados pelo Estado, a admissão de um regulador económico, ou, primeiramente, de um regulador da qualidade do serviço, pode sempre ser lida como uma iniciação à privatização destes SIEG. De facto, à medida que se mitigam as falhas do mercado e se intentam melhoramentos de eficiência e de qualidade do serviço, vão-se, geralmente, transferindo custos para o utilizador (com possível aumento da tarifa), numa perspetiva de recuperação total dos custos – ótica do utilizador/pagador e do poluidor/pagador. Esta última circunstância pode ter um preço político significativo, o que inviabiliza ou constitui uma forte reação à presença de regulação.

Apesar de os fatores enumerados contrariarem a presença de regulação ou o alargamento da sua ação, a regulação económica deste setor (tão independente quanto possível) continua a ser a única forma suficientemente abrangente de gerir os interesses de todos os *stakeholders* e garantir a sustentabilidade da produção destes serviços a longo prazo. Esta noção tem vindo a tornar-se cada vez mais consensual, sobretudo em países anglo-saxónicos (Reino Unido, EUA e Austrália), estando patente no caso inglês que tal independência institucional se consegue graças ao envolvimento e à participação dos utilizadores. A regulação *sunshine* de que se trata a seguir constitui uma ferramenta regulatória que fomenta a discussão pública destes assuntos, sendo passível de ser utilizada tanto numa primeira fase de supervisão, como num momento mais avançado de efetiva regulação económica. Tal como se verá adiante, o controlo da qualidade do serviço prestado (num sentido alargado, considerando-se aqui implícitos outros fatores como a qualidade da água para consumo humano, o respeito de princípios ambientais, resposta a reclamações, etc.) tem implicações diretas a outros níveis, influenciando fortemente toda a regulação económica.

2.3.1. A regulação *sunshine*

Este processo regulatório faz o uso da mediatização, comparação e discussão pública dos resultados do desempenho dos operadores de SAS. Segundo MARQUES [2011], estes acabam por consciencializar-se da sua atuação devido à pressão dos utilizadores por intermédio dos seus grupos de defesa e de representação, dos *media*, da classe política (governo e partidos políticos) e das Organizações Não Governamentais. De facto, as entidades responsáveis pelos desempenhos mais medíocres, sejam elas públicas ou privadas, uma vez sujeitas a uma apreciação e julgamento por parte da opinião pública, sentem-se impelidas a corrigir os desvios face aos valores de referência. Apesar de não haver um poder verdadeiramente coercivo por parte do regulador, a exposição dos

resultados e a sua discussão desencadeia efeitos positivos, introduzindo competitividade entre operadores (*peer pressure*), ainda que de regiões diferentes, e conduzindo a um aumento progressivo do desempenho em todo o setor.

Este mecanismo de regulação é tão mais bem-sucedido quanto mais completo for o conhecimento do mercado por parte do regulador, já que, no fundo, o que está em causa é um escrutínio dos resultados da aplicação de outras ferramentas regulatórias. Daí que esta ação de “*name and shaming*” compreenda sempre a comparação dos desempenhos das entidades gestoras, nomeadamente através de *benchmarking* (método de que se ocupa o próximo ponto).

MARQUES [2011] ressalva, contudo, que a regulação *sunshine* não é muito eficaz na apresentação de resultados de desempenho económico, uma vez que, fazendo-se uma análise simplista, pode transparecer que a melhoria deste último implica apenas uma redução dos lucros dos operadores na mesma relação. Já nos aspetos relativos à qualidade do serviço, o autor refere que as consequências são, quase sempre, muito positivas. Este aspeto reforça o facto de que a melhoria da qualidade do serviço deve depender primordialmente do desenvolvimento tecnológico e do aprimoramento da gestão (introdução da gestão patrimonial de infraestruturas, por exemplo), para que tais avanços não se façam sobrecarregando os utilizadores.

A eficácia deste processo implica, por conseguinte, alguns requisitos que importa discutir e realçar. A publicitação dos desempenhos deve envolver vários operadores de SAS e até entidades de indústrias afins, se pertinente; os resultados apurados devem ser explicitados em conjuntos com os valores ótimos (ou de referência), bem como com eventuais fatores de contexto que sejam relevantes; a exposição dos resultados deve ser clara, veiculada em suportes de simples acesso por parte dos utilizadores e facilmente inteligível por qualquer cidadão; a recolha de toda a informação deve ser levada a cabo por uma entidade independente que deve garantir a sua qualidade e suficiência; por último, deve ser promovida uma discussão pública em que se fazem representar os diferentes *stakeholders* e onde quaisquer aspetos mais complexos para o público devem ser desmistificados por técnicos ou autoridades intelectuais competentes para o efeito.

2.3.2. Benchmarking

A *competitividade* atrás referida surge do facto de se compararem os desempenhos dos diferentes operadores. Na realidade, cada um dos operadores funciona em regime de monopólio, pelo que não se encontra em causa o ganho ou a perda de quota de mercado. Assim, resulta da avaliação efetuada pela entidade reguladora que as melhores empresas na gestão dos SAS passem a ser uma referência para as restantes (unidades de *benchmark*). Independentemente da pressão regulatória que se faça sentir, a utilização do *benchmarking* evidencia muitas vantagens, enumerando-se a seguir as suas principais potencialidades.

A busca destas posições de referência por parte de uma entidade gestora não só realça a vontade de uma atuação rigorosa, como também, e principalmente, significa que a empresa pretende atingir boas práticas de eficiência e inovação, o que, por conseguinte, contribui para reduzir os seus custos de operação e de capital.

Sublinhe-se que estes desenvolvimentos tecnológicos e de gestão são um dos principais objetivos da regulação económica do setor, já que só com tais avanços se poderá conseguir uma recuperação de custos que seja justa para o utilizador, evitando-se aumentos desajustados nas tarifas. Em alguns modelos regulatórios esta inovação é mesmo premiada, no sentido em que, estabelecidos os níveis de serviço a apresentar por parte dos operadores num determinado período, os recursos poupados nesse intervalo revertem a favor dos investidores, existindo apenas no final um novo acerto de preços (regulação por incentivos de desempenho). Mais ainda, o *benchmarking* permite aumentar a transparência da gestão e a partilha e a divulgação de informação entre *stakeholders*, no combate à recorrentemente mencionada informação assimétrica. Estes resultados recolhidos, para além de serem utilizados nas ações de *benchmarking*, permitem a calibração e a escolha de novas abordagens e processos regulatórios, sendo de frisar que estas mesmas ações são tão mais consistentes quanto maior for o número de outras ferramentas regulatórias geradoras de dados comparáveis ao seu dispor.

São igualmente de assinalar algumas limitações associadas a esta prática. Dependendo do ambiente operacional a que estão sujeitas, ou até da escala ou do grau de verticalização que possuem, nem todas as entidades gestoras são comparáveis entre si. Existe, pois, a necessidade de criar grupos de unidades comparáveis que podem ser formados de acordo com os critérios que se acharem pertinentes (por exemplo: por regiões, por densidade populacional, etc.). Assim, para mitigar esta adversidade e garantir ainda a eficácia do *benchmarking* são por vezes barradas ou condicionadas iniciativas de fusão entre operadores, preferindo-se manter um número consistente de empresas no mercado em detrimento de possíveis economias de escala ou de gama [MARQUES 2011].

Apesar de possivelmente criticável por uma intrusão exacerbada no seio das empresas, a entidade reguladora ganha um papel de mediador de informação entre empresas e até entre reguladores de outros setores nas atividades que se revelem convenientes (disseminação das melhores práticas e normalização de processos industriais e de gestão), o que resulta sempre a favor do interesse público e se traduz, a prazo, num benefício para o utilizador e para o contribuinte.

Os dois pontos anteriores referentes aos mecanismos de regulação *sunshine* e de *benchmarking* encontram-se já bastante difundidos como ferramentas regulatórias, facto pelo qual foram discutidos *a priori*. De acordo com MARQUES [2011], sobretudo quando a sua aplicação é sincronizada, os efeitos conseguidos na supervisão e melhoria dos níveis de serviço e no incentivo à inovação no setor são bastante significativos. Assim, a regulação *sunshine* e a sua articulação com as análises de *benchmark* são postas em prática quer apenas para controlo da qualidade de serviço, quer numa fase de regulação mais intensa, onde são ainda combinados com outros instrumentos que se descrevem a seguir. Neste último caso, estes dois processos são normalmente coordenados com outros mais específicos e dirigidos ao controlo da tarifação e da sustentabilidade de todo o setor (âmbito da regulação económica).

2.4. Regulação económica dos SAS

Por todas as razões já apontadas a regulação económica dos SAS revela-se de importância crucial, sendo que a sua ausência é interpretada por MARQUES [2011] como uma falha do Estado (*state failure*) que deverá ser colmatada no futuro.

Os métodos de regulação aplicados por todo o mundo são diversos, mas podem ser distinguidos em dois grandes grupos consoante a forma de estimular os operadores a reduzir os seus custos. Tem-se, assim, um primeiro tipo de regulação em que é fixada uma *taxa de remuneração* para as entidades gestoras, o que, se por um lado garante a segurança deste negócio para os investidores (sejam eles públicos ou privados), por outro, não resulta numa forma consistente de proporcionar incentivos para melhorar a gestão dos ativos, nem para investir em inovação. Um segundo grupo de métodos regulatórios tem já em conta estes aspetos essenciais para que o serviço adquira um preço justo para o utilizador, ou, em último caso, para o contribuinte. Tem-se, nesta segunda via, uma regulação por *incentivos de desempenho* que pode ser concretizada de várias formas: regulação por limite de preços (*price cap*), regulação por limite de receitas (*revenue cap*) e regulação por comparação (*yardstick competition*), esta última entendida agora em sentido restrito, já que muitas vezes aparece combinada com os dois primeiros. A separação entre estes dois formatos da regulação não se revela, contudo, tão formal, verificando-se uma certa conjugação na utilização dos mecanismos regulatórios [MARQUES, 2011]. Sintetizam-se de seguida estas duas formas de regulação e as cambiantes que possuem.

2.4.1. Regulação por taxa de remuneração

A regulação por taxa de remuneração tem o objetivo de fixar o rendimento de que os investidores beneficiam pela prestação destes serviços. Este conceito foi desenvolvido nos EUA no século XIX e a sua aplicação justa subentende uma revisão periódica do contexto económico em que se processa a atividade. De acordo com MARQUES [2011], a taxa de remuneração é aprovada pelo regulador e assim permanece válida durante um período regulatório estabelecido ou até que se desencadeie uma nova *revisão de preços* por iniciativa do operador ou de qualquer outro *stakeholder*. De facto, este processo de revisão de preços revela-se de extrema importância para que se possa garantir que o rendimento retirado pelos investidores corresponde ao que foi definido *a priori* (por via contratual, ou outra) e que existe, portanto, uma correta distribuição de eventuais lucros ou custos não previstos. Conforme tal remuneração seja ou não revista periodicamente, esta forma de regulação diz-se *pura* ou *não pura*.

A equação (2.1), que se apresenta de seguida, traduz este método regulatório:

$$\sum_{i=1}^n P_i \times q_i = \sum_{j=1}^m C_j + r \times V \quad (2.1)$$

onde P_i corresponde ao preço unitário de venda de um determinado serviço i ; q_i , à quantidade prevista de venda das unidades do mesmo serviço i ; C_j representa a parcela dos custos j a suportar pela empresa; r diz respeito à remuneração dos investimentos e/ou dos ativos existentes; e V , ao valor dos investimentos e dos ativos.

A análise da expressão anterior evidencia que o equilíbrio entre os dois lados da equação tem subjacente que as receitas baseadas na estimativa da procura dos serviços (q_i) pagas aos preços (P_i) pelos utilizadores (e/ou pelos contribuintes) têm de suportar os custos de operação (C_j) e a expectativa de retorno financeiro (r) sobre o valor investido (V). Mesmo que a fixação de preços subentenda uma determinada taxa de remuneração r , o seu valor real para o investidor ao longo do período de regulação será positiva ou negativamente influenciado pelos desvios que os restantes membros da expressão recorrentemente apresentam face aos valores atribuídos por altura da revisão de preços. Este último facto é mitigado por períodos de revisão das tarifas curtos - comumente de 1 ano - e que, de acordo com MARQUES [2011], caracterizam este método de regulação, atenuando-se, desta forma, a fixação de preços com base nos dados do período anterior.

2.4.2. Regulação por incentivos de desempenho

A regulação por incentivos de desempenho está intimamente relacionada com a produtividade das entidades gestoras dos SAS, que por sua vez está associada à redução de custos. Segundo MARQUES [2011], este modelo regulatório pode utilizar a regulação por limite de preços, a regulação por limite de receitas e a regulação por comparação que, embora sejam bastante antigas em termos conceptuais, só nos anos 80 do século passado começaram a ser aplicadas, designadamente no setor das telecomunicações, no Reino Unido. Desde então, a regulação por incentivos tem vindo a ganhar muita popularidade, tendo sido implementada numa multiplicidade de países.

Esta forma de regulação pressupõe também um período regulatório, findo o qual se podem aplicar mecanismos de partilha de custos ou lucros respeitantes a fatores exógenos entre os utilizadores e a entidade regulada. Tais métodos denominam-se, segundo MARQUES [2011], de métodos *não puros* e evidenciam uma aproximação da regulação por incentivos de desempenho à regulação por taxa de remuneração. Este autor acrescenta que apesar de inicialmente, no Reino Unido, se admitirem períodos muito longos entre revisões de tarifas, os ganhos de produtividade, a imprevisibilidade do funcionamento dos mercados, a ineficácia da liberalização do mercado dos SAS até à data e o crescimento do protagonismo da regulação social demonstram que tal não seria possível nem desejável.

Regulação por limite de preços

A regulação por limite de preços consiste no estabelecimento de um teto máximo médio para os preços do serviço ou do bem fornecido durante o período regulatório. Fixado um limite para os preços que se praticam durante tal período, quaisquer aumentos de produtividade conseguidos pelas entidades reguladas, ou seja,

quaisquer reduções de custos, correspondem a incrementos na remuneração para os operadores. Assim, verificando-se um abaixamento dos custos de produção, a remuneração aumenta, o que se traduz num lucro extra que os operadores dos SAS vão poder reter por se terem tornado mais eficientes e inovadores. Existe, portanto, um claro incentivo para o aumento da eficiência estática que, caso se efetive, culmina num acerto de preços em baixa para o período seguinte, onde os utilizadores passam a beneficiar da anterior descida dos custos de produção.

Esta transferência de benefícios entre as entidades gestoras sob regulação e os utilizadores é exemplificada na *Figura 2.2*, onde se evidencia a evolução tanto dos preços como dos lucros para três intervalos sucessivos de 4 anos. Em cada período regulatório, os lucros obtidos pelos operadores vão crescendo no tempo, efeito que se deve aos ganhos de produtividade já referidos. No final de cada intervalo a fixação de preços é feita tendo em conta as novas capacidades produtivas e as reduções de custos alcançadas pelas entidades reguladas, pelo que a tarifa dos utilizadores é aliviada na medida em que os lucros dos operadores voltem para o patamar inicial, justificando-se assim as descontinuidades do gráfico.

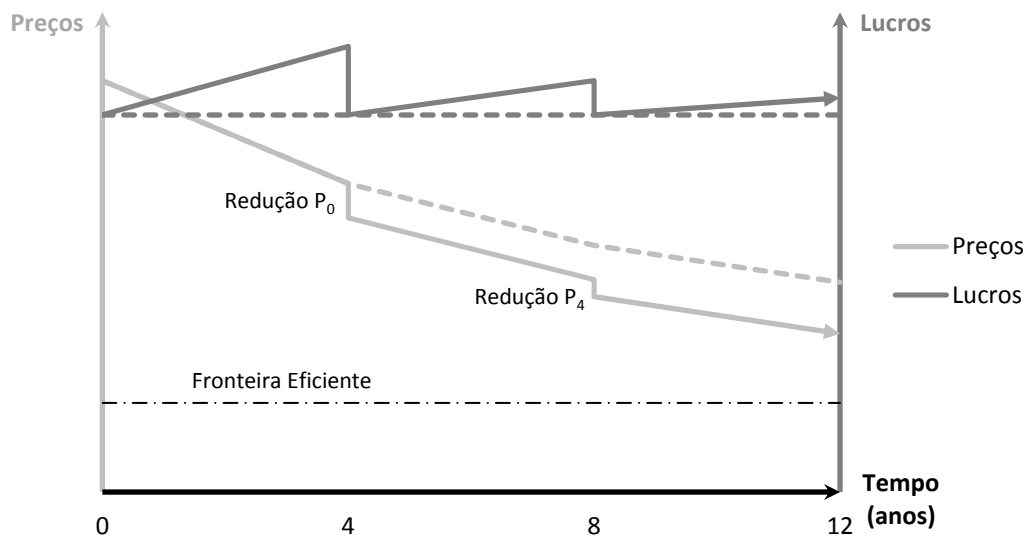


Figura 2.2 - Incentivos para os operadores e transferência dos ganhos de eficiência para os utilizadores na regulação por limite de preços (adaptado de MARQUES [2011]).

À medida que os prestadores dos SAS vão aniquilando as ineficiências desta indústria e introduzindo inovações, conseguir novos incrementos de produtividade torna-se também mais exigente, pelo que as reduções de custos tendem a ser cada vez menores. Esta realidade é evidenciada por Chris Roxburgh, enquanto diretor de gestão de ativos da *Black & Veatch*², que adverte que só uma abordagem integrada de toda a atividade, com especial ênfase na gestão patrimonial de infraestruturas, permite descobrir onde podem ser alcançados novos aumentos de eficiência [BLACK & VEATCH]:

² Multinacional atua e presta serviços de consultoria nos setores dos SAS, das energias e das telecomunicações.

*«As oportunidades para que se atinjam novos aumentos de eficiência
vão diminuindo à medida que as companhias se vão tornando mais e mais inteligentes.
Enquanto a inovação e evolução da regulação têm um papel importante na contínua redução de custos,
só uma abordagem integrada, dirigida para a gestão patrimonial de infraestruturas,
permitirá descobrir onde podem ser alcançados novos aumentos de eficiência.»*

Equivale dizer-se que os lucros obtidos se vão afastando cada vez menos do patamar predefinido, pelo que, por altura da revisão de preços, a redução nas tarifas passa a ser menos expressiva. Em teoria, os operadores tendem a aproximar-se de uma situação ótima (*best practices*), em que os preços vão, por sua vez, convergindo para um mínimo (fronteira eficiente).

Segundo MARQUES [2011], o ajustamento dos preços dos serviços prestados pode ser formulado tal como se apresenta na *equação (2.2)*:

$$P_{i,t} = P_{i,t-1} \times \left(1 + \frac{I_{i,t,t-1} - X_{i,t,t-1}}{100} \right) \quad (2.2)$$

tendo-se, na mesma, $P_{i,t}$ e $P_{i,t-1}$ correspondentes aos preços unitários máximos do serviço i nos períodos t e $t - 1$, respetivamente; $I_{i,t,t-1}$ respeitante ao Índice de Preços no Consumidor (IPC) associado ao fornecimento do serviço i , expresso em percentagem, entre o período t e $t - 1$; e, por fim, $X_{i,t,t-1}$ representando um fator, em percentagem, dos ganhos de produtividade esperados entre o t e $t - 1$ na prestação dos serviço i . A esta fórmula pode acrescentar-se um coeficiente de ajuste negativo ou positivo que permita contemplar situações extraordinárias que alterem de sobremaneira o desempenho da atividade regulada. MARQUES [2011] enumera justificações como: mudanças de conjuntura macroeconómica, crises energéticas, fatores climatéricos insólitos, ou até, a concretização de objetivos específicos, como a melhoria da qualidade da água ou da fiabilidade do serviço.

O fator X presente no numerador da equação compreende duas parcelas. Uma específica para o setor a regular, representando ganhos de eficiência obtidos por mudanças tecnológicas no setor, e outra relativa à entidade em análise, visando a melhoria das eficiências estática e alocativa de *inputs* e *outputs*. Esta última parcela pressupõe a correção de ineficiências existentes, aproximando-as das situações mais eficientes, pelo que a determinação do fator X se faz recorrendo ao *benchmarking*, sobretudo no caso da parcela de eficiência relativa ao operador regulado individualmente. Tem-se, então, por objetivo estimar o montante que cada unidade ineficiente pode recuperar em cada período regulatório, resultando em avaliações que provocam reações discordantes por parte de algumas entidades que reclamam ambientes operacionais mais condicionantes. Note-se, por exemplo, que existem fatores não controláveis por parte destas empresas que geram economias ou deseconomias (de escala, de gama, etc.), o que torna pertinente a questão da definição de um único fator X ou de vários.

O IPC, representado por I na equação, procura refletir a evolução sentida pelos consumidores dos preços dos bens e serviços de uma determinada economia e é normalmente ascendente devido ao efeito da inflação. Esta

variação é feita com referência aos preços de um *período base*, somando-se assim a possibilidade de estabelecer comparações interanuais. Interessa, contudo, assinalar que a base de cálculo do IPC tem em conta o preço de um conjunto de produtos cujo peso relativo se mantém constante ao longo dos anos, pelo que o índice transmite uma noção a nível nacional que pode não ter em conta determinadas modificações dos padrões de consumo. MARQUES [2011] aponta alterações nos custos dos serviços em alta e da energia, como fatores com relevância para a adequação da utilização deste índice no cálculo da evolução natural dos preços dos SAS.

A regulação por limite de preços pressupõe um intervalo longo que permite às entidades gestoras alcançarem ganhos de produtividade que farão aumentar os seus lucros. Este período, que dura entre 3 a 10 anos, pode no entanto ser interrompido em caso de custos ou lucros imprevistos. Esta possibilidade apresenta a vantagem de diminuir o risco da gestão, mas acaba também por desincentivar o esforço para aumentar a eficiência, o que de certa forma aproxima todo este processo da regulação por taxa de remuneração. De facto, quanto maior o intervalo entre revisões de preços, maior o risco para as entidades gestoras, sobretudo devido às consequências de possíveis enviesamentos dos dados que servem de base à regulação, que tendem a agravar-se para períodos mais longos [MARQUES, 2011].

Na regulação por limite de preços a entidade gestora dispõe de alguma liberdade na alocação de preços e na subsidiarização das atividades que realiza, o que pode significar a preferência por determinados tipos de clientes (mais rentáveis) ou a falta de esmero na qualidade de alguns serviços prestados. Cabe à entidade reguladora garantir não só os padrões de qualidade do serviço, mas também acautelar a universalidade do mesmo, o que pode passar não pela definição de preços máximos, mas sim, de preços mínimos, impedindo uma alocação de preços abusiva por parte das entidades reguladas.

Por fim, importa referir que neste método regulatório se impõe ao regulador uma postura muito atenta e informada, exigindo-se-lhe independência e fiabilidade. Este facto traz necessariamente custos que, ainda que partilhados entre regulador e empresas reguladas, têm de ser maioritariamente suportados ou pelos utilizadores, ou pelos contribuintes. A entidade regulatória tem como principal objetivo assegurar a estabilidade e sustentabilidade dos SAS, pelo que deve não só certificar-se da qualidade dos serviços prestados, mas também garantir um adequado retorno aos operadores, balizando os riscos de operação e fomentando a entrada de novos investidores. MARQUES [2011] refere que este é um dos principais desafios da regulação e que o investimento efetuado durante os períodos regulatórios é insuficiente para que exista uma manutenção adequada das infraestruturas. Ainda que possa esboçar a intenção de realizar investimentos elevados, o regulador sabe também que tal ação aumentaria o risco do negócio a refletir, necessariamente, na tarifa, pelo que os custos teriam de ser suportados pelos utilizadores que poderiam não estar disponíveis para tamanho esforço.

Regulação por limite de receitas

A regulação por limite de receitas define um valor médio máximo para as receitas durante o período regulatório. Este teto é definido em função do IPC, já referido anteriormente, e da variação de produtividade

esperada, traduzida pelo fator X , mencionado no separador anterior. Tal como na regulação por limite de preços, os operadores são incitados a melhorar a sua produtividade com vista a aumentarem a sua margem de lucro, sendo que no final do período regulatório os ganhos alcançados são transferidos para os utilizadores.

As diferenças deste método face ao anterior, onde eram limitados os preços, residem na maior liberdade que as entidades possuem para definirem a estrutura tarifária. Não havendo um controlo direto sobre os preços parcelares, surge a hipótese de alguns serviços subsidiarem outros (subsidição cruzada).

Regulação por comparação

A regulação por comparação baseia-se numa análise comparativa do desempenho de várias entidades gestoras que origina depois consequências financeiras [MARQUES 2011]. O princípio é fazer com que as empresas com piores desempenhos (ou menos eficientes) possam inspirar-se nos seus pares mais eficientes e inovadores, com base na disseminação de informação e de boas práticas feita pela entidade reguladora. Este *benchmarking* tem ainda a vantagem extra de suscitar uma competição artificial entre operadores (*peer pressure*).

A regulação por comparação na sua forma pura passa, segundo MARQUES [2011], por um acerto da tarifa tendo por base a comparação com o seu valor médio ou até em função dos valores apresentados por aquelas entidades que apresentam as melhores práticas. Ainda assim, este tipo de regulação assume grande relevância na determinação do fator X , relativo à variação de produtividade, essencial para a definição dos limites de preços ou receitas. Também devido à competição artificial que introduz no setor, este mecanismo destina-se sobretudo ao combate da informação assimétrica que caracteriza os mercados como os dos SAS e à melhoria da partilha e transparência de informação, fornecendo incentivos para que as entidades gestoras sejam mais eficientes e inovadoras e possam, com isso, mitigar custos de operação e de capital.

A credibilidade deste método de regulação está fortemente dependente da robustez dos resultados conseguidos através da comparação das empresas, pelo que é saudável a aplicação de mais do que uma técnica de *benchmarking* (vide Figura 2.3). O *benchmarking* pode classificar-se em *paramétrico* ou *não paramétrico* consoante admita, ou não, uma forma funcional definida *a priori* que represente a tecnologia do seu processo produtivo. As técnicas paramétricas possibilitam a definição do erro, mas introduzem a dificuldade adicional de conhecer a especificação associada ao comportamento admitido, implicando um conhecimento mais profundo dos fatores produtivos. As fronteiras estocásticas (SFA) e os modelos de regressão (por exemplo, OLS³) constituem métodos paramétricos de *benchmarking*, enquanto a *data envelopment analysis* (DEA) e os Números Índices consistem em métodos não paramétricos, sendo estes dois últimos, de acordo com MARQUES [2011], os mais aplicados. Estas diferentes técnicas de *benchmarking*, ainda que paramétricas ou não paramétricas, podem ser diferenciadas como *modelos fronteira*, caso pressuponham que as unidades de *benchmark* (as unidades que exibem as melhores práticas) sejam tecnicamente eficientes; ou *modelos não fronteira*, no caso em que as unidades de referência não são necessariamente eficientes, já que a sua obtenção se baseia numa aproximação aos valores médios registados.

³ Do inglês, *Ordinary least squares regression*.

Neste âmbito, a DEA e as SFA consideram-se métodos de fronteira, enquanto os números índices (à exceção do índice de produtividade de Malmquist) e os modelos de regressão são não fronteira. De notar que os Números Índices, apresentados na *Figura 2.3* como a produtividade total dos fatores (*total factors productivity* - TFP), desempenham um papel relevante na regulação por incentivos de desempenho e na determinação do fator X , já que medem a variação da produtividade ao longo do tempo.

Apesar das melhorias alcançadas com a regulação por comparação, as entidades reguladas contestam os seus resultados e as resoluções que deles decorrem, argumentando que as técnicas aplicadas contêm uma subjetividade considerável que possibilita situações de oportunismo por parte do regulador. Algumas empresas apontam também a existência de erros decorrentes da falta de informação relativa à alocação ou à estrutura de custos e da injusta imputação de ineficiência (que podem chegar a dever-se a falhas na aplicação das análises de comparação), alegando, ainda, que os critérios de eficiência que estão na base da determinação do parâmetro X são insuficientes [MARQUES, 2011].

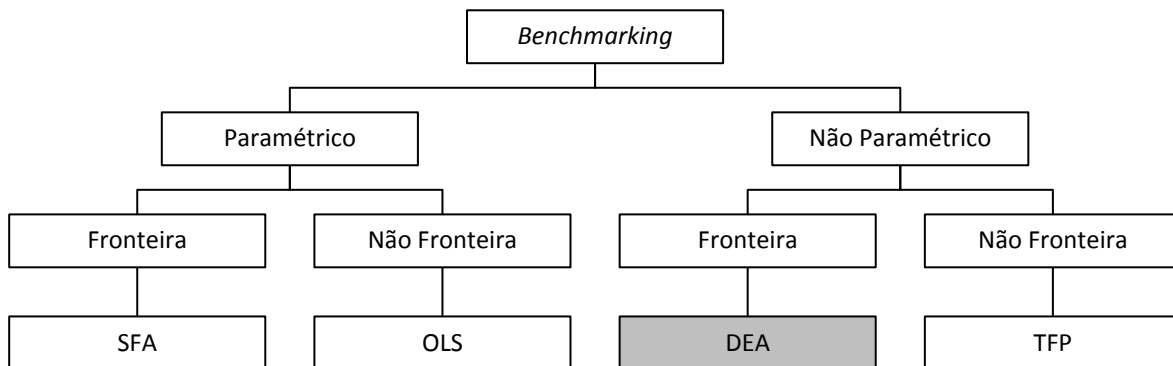


Figura 2.3 - Métodos de *benchmarking* (retirado de MARQUES [2011]).

2.5. O caso português (síntese)

MARQUES [2011] refere que a regulação se apoia frequentemente em mais do que um dos métodos atrás mencionados, obtendo-se no final uma combinação de mecanismos regulatórios com características híbridas. Note-se, contudo, que a duração da janela temporal entre fixação de preços é crucial não só ao nível da estabilidade do setor (relativamente à flutuação de preços sentida pelos operadores e pelos consumidores), mas também para estimular a entrada de novos investidores, mantendo o risco dentro de escalões atrativos.

O caso português está claramente mais próximo de uma regulação por taxa de remuneração, onde a entidade reguladora procura garantir que os preços praticados são justos para os utilizadores. Não obstante, a supervisão da ERSAR assenta em mecanismos de *benchmarking* que complementam uma extensa recolha de informação, sendo esta a forma encontrada para garantir um nível mínimo de investimento no setor e estimular a

inovação. No seu relatório anual referente à atividade do ano de 2013 – RASARP 2014⁴ - a reguladora portuguesa apresenta um esquema de regulação onde ficam evidentes duas áreas ou formas de intervenção ERSAR [2014a]. Uma primeira de regulação estrutural, onde se procura organizar o setor dos SAS, clarificar as regras nacionais com vista à subsistência dos serviços, assegurar a regular disseminação de informação e dar apoio no que diz respeito à capacitação técnica das entidades gestoras; e uma segunda de regulação comportamental dos operadores a vários níveis: legal (contratual), económico, qualidade do serviço prestado, qualidade da água para consumo humano e análise de relação com os utilizadores.

⁴ A edição RASARP 2014 é lançada em 2015 e faz referência à atividade das entidades gestoras no ano de 2013.

3. ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS COMO MÉTODO DE ANÁLISE

3.1. DEA como método de avaliação de desempenho

3.1.1. Introdução à análise envoltória de dados

A análise envoltória de dados (DEA) foi iniciada por CHARNES *et al.* [1978] e operacionalizou e alargou, por via da programação linear, os conceitos económicos de *eficiência empírica* que tinham já sido lançados cerca de vinte anos antes por FARREL [1957]. Desde 1978 até aos dias de hoje, tanto o desenvolvimento teórico como a aplicação prática da DEA têm avançado de forma notória, sendo que a proliferação da literatura neste campo se deve sobretudo ao facto de a DEA reunir teoria e prática, numa dinâmica benéfica e onde se vêm mutuamente reforçando. Constata-se que as aplicações práticas dão seguimento aos desenvolvimentos teóricos, ao mesmo tempo que põem em evidência aspetos de importância prática sobre os quais a investigação se deve debruçar.

A DEA foi primeiramente desenvolvida como método para avaliar eficiências comparativas de unidades funcionais dentro de uma organização. Seriam, a título de exemplo, filiais de um banco, escolas, departamentos hospitalares ou restaurantes, já que em cada um destes últimos grupos cada unidade em avaliação (DMU – unidade de tomada de decisão ou, do inglês, *decision making unit*) utiliza na sua operação o mesmo tipo de recursos para obter o mesmo tipo de produtos finais. Concretizando no exemplo do banco anterior, todas as suas filiais em comparação utilizariam como *inputs*, ainda que com combinações possivelmente distintas, Recursos Humanos e Ativos Capitais, gerando combinações também possivelmente distintas de *outputs* como Empréstimos, Vendas de Produtos Financeiros e Transações Bancárias.

Para além da aplicação a sistemas produtivos ou industriais, onde tradicionalmente se transformam recursos materiais, capitais ou de trabalho, este método poder ser aplicado sobre outros tipos de recursos mensuráveis, como ambientais ou até contextuais. A DEA é, portanto, de carácter comparativo e refere-se a eficiências relativas e não a eficiências absolutas. Tome-se o caso da utilização da DEA para a escolha do local de implantação de uma instalação hospitalar ou hoteleira. Os resultados numéricos obtidos avaliam, neste caso, a pertinência de cada local de acordo com os níveis que eles apresentam em cada um dos seus atributos cuidadosamente selecionados para *inputs* e para *outputs*.

A aplicação deste método deve ir para além da computação de atributos e do simples cálculo de eficiência das unidades. De facto, a DEA permite melhorar o conhecimento sobre a forma como o sistema em análise transforma os recursos que utiliza em produtos finais com valor, procurando-se detetar práticas operacionais, combinações de recursos e escalas de operação que as várias unidades possam adotar em diversos âmbitos da sua atividade por forma a melhorarem o seu desempenho. Este feito consegue-se à custa das unidades de emulação identificadas (*benchmark units*), que deverão estimular e orientar as modificações das restantes, e também pela informação deduzida a partir das taxas de substituição entre fatores produtivos. De facto, comparativamente aos

métodos paramétricos referidos em *Regulação por incentivos de desempenho* (p. 14), a utilização da DEA como método comparativo, embora implique alguma reflexão na escolha das variáveis de *input* e de *output*, requer suposições mínimas acerca do sistema produtivo, sendo os próprios modelos de análise que evidenciam as características dominantes da transformação dos recursos em produtos com valor.

3.1.2. Medição de eficiência através da DEA

Uma vez abordados em *Promover a eficiência e a inovação* (p. 6) os conceitos de eficiência económica do mercado como um todo - equilíbrio competitivo - e os múltiplos enfoques que adquire a avaliação da eficiência das entidades que nele interagem, importa reter que a DEA surge como uma ferramenta de análise de unidades de gestão dentro de um mercado, as referidas DMUs. Recorda-se, então, que no presente caso está em causa a avaliação do processo produtivo levado a cabo pelas entidades gestoras das empresas dos SAS, o que é feito em termos das *eficiências comparativas* que resultam da transformação em cada DMU de um determinado conjunto de *inputs* (recursos) num outro conjunto de *outputs* (produtos com valor como bens e serviços ou até resultados financeiros; *vide Figura 3.1*). As eficiências comparativas são portanto relativas às unidades que o método classifica como as mais eficientes em termos de eficiência relativa e não em termos de eficiência absoluta. A pertinência e o próprio significado das eficiências encontradas em cada avaliação estão, pois, fortemente dependentes da identificação das variáveis de *input* e de *output* envolvidas na transformação que ocorre em cada DMU. A escolha destes atributos e a discussão dos aspetos que deve levar em conta é elaborada em *4.2 Escolha de combinações (combos) e reconhecimento das DMUs*, revelando-se de importância crucial para que os resultados sejam congruentes com a realidade.

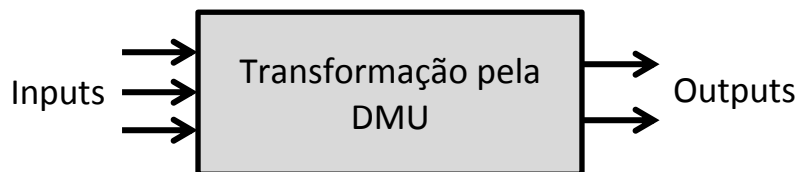


Figura 3.1 - Transformação de *inputs* em *outputs* por parte das DMUs (adaptado de THANASSOULIS [2001]).

Eficiência de Pareto, eficiência técnica e níveis eficientes de produção

Retomando a noção de eficiência de Pareto (p. 6) e tendo em conta que cada análise utiliza $m \geq 1$ *input*(s) para assegurar $s \geq 1$ *output*(s), o aumento de eficiência pode ser orientado tanto por uma redução dos níveis dos *inputs* sem prejuízo dos níveis dos *outputs* (minimização de recursos), como por um aumento dos níveis dos *outputs* sem incremento dos níveis dos *inputs* (maximização dos resultados da produção). Estas duas abordagens dão origem a dois enfoques de eficiência técnica:

Eficiência Técnica de Input (ETI). Contração radial máxima que se pode aplicar aos níveis de *input*, sem que os níveis de *output* sofram qualquer redução. A *ETI* é, então, o mínimo fator pelo qual os níveis de *input* são conjuntamente multiplicados sem detrimento dos valores de *output*, representando a diferença entre os valores iniciais e os recém-encontrados um desperdício que a gestão pode extinguir ou uma poupança de recursos potencial que o processo produtivo tem ao seu alcance.

Eficiência Técnica de Output (ETO). Expansão radial máxima que se pode aplicar aos níveis de *output*, sem que os níveis de *input* sofram qualquer ampliação. A *ETO* resulta, assim, no inverso do máximo fator pelo qual os níveis de *output* são conjuntamente multiplicados sem recorrer a nenhum aumento dos valores de *input*, representando a diferença entre os valores recém-encontrados e os valores iniciais uma margem de evolução da produção ou os ganhos potenciais que o processo produtivo poderia/deveria atingir.

A contração de níveis de *input* conseguida pelo método denomina-se de *radial* uma vez que o seu efeito se aplica com igual intensidade a todos os m *inputs* da DMU cuja eficiência se pretende apurar. Os novos níveis de *input* que tornam a unidade eficiente são proporcionais aos níveis originais, sendo a constante de proporcionalidade a própria eficiência da unidade. Conclui-se, portanto, que não existe qualquer alteração na combinação das variáveis de *input*, ou seja, nos rácios que os seus níveis apresentam relativamente uns aos outros (*mix* de *inputs* constante). A situação da ampliação dos *outputs* é evidentemente análoga, ressalvando-se que a constante de proporcionalidade entre os níveis originais e os níveis eficientes corresponde ao inverso da eficiência dessa unidade.

As eficiências anteriormente definidas são ainda classificadas de eficiências *técnicas*, no sentido em que estão relacionadas com os processos produtivos envolvidos na transformação dos *inputs* em *outputs*, não levando em consideração os preços que eventualmente lhes podem estar associados. Tal como mencionado anteriormente, o efeito dos preços alocados aos *inputs* e a respetiva influência no *mix* de *outputs* seria apurado pela eficiência de alocação de preços (*vide Figura 2.1*).

Noção gráfica de eficiência, Conjunto de Possibilidades de Produção e retornos à escala

A diferença entre os dois enfoques de eficiência é demonstrada pela *Figura 3.2*, onde propositadamente um único *input* é utilizado para a produção de também um único *output*. A curva *OD* traçada no gráfico representa o lugar geométrico dos níveis máximos que o *output* pode atingir, dados os valores do *input* na abcissa, sendo que abaixo de tal fronteira se localizam todas as outras combinações produtivas *input/output* que, embora viáveis, possuem uma eficiência técnica inferior. O conjunto de possibilidades de produção (PPS, do inglês *production possibility set*) representa o conjunto de combinações *input(s)/output(s)* que as DMUs sob análise podem teoricamente alcançar. Veja-se o caso da DMU A situada dentro do PPS. Uma vez que os níveis de *input/output* da

unidade não originam um ponto na fronteira eficiente OD , a *DMU A* não é Pareto-eficiente. Assim, de acordo com o enfoque da eficiência de *input*, importa comparar o seu nível de *input* com o nível de *input* da *DMU C* Pareto-eficiente, residente na fronteira, já que os seus níveis de *output* são iguais. A *ETI* da *DMU A* é então igual a OF/OG . Do lado da eficiência de *output*, a *DMU A* deve ser comparada com a *DMU D*, ambas com o mesmo valor de *input*, tendo-se que a *ETO* da *DMU A* é de OH/OB . Os valores da *ETI* e da *ETO* são, neste caso, visivelmente distintos, o que se deve ao facto de, na fronteira, os níveis de *output* serem cada vez menos crescentes com os níveis de *input*. Note-se que se na fronteira de eficiência os incrementos de retorno fossem sempre proporcionais aos incrementos de recursos, tal limite estaria sobre uma semirreta com início na origem do referencial e a medição de eficiência seria independente do enfoque (esta afirmação demonstra-se no presente caso bidimensional recorrendo à semelhança de triângulos, sendo retomada adiante). Decorre das afirmações anteriores que a medição de eficiência está dependente da filosofia de análise, no sentido em que podem ser contemplados, ou não, efeitos atribuíveis à escala de operação das entidades gestoras: os retornos à escala podem ser variáveis (VRS, do inglês *variable returns to scale*) ou constantes (CRS, do inglês *constant returns to scale*). As opções por uma ou outra abordagem serão discutidas adiante, porquanto ambas poderão ser úteis na averiguação de economias e deseconomias de escala de produção associadas às entidades gestoras dos SAS e na captura das eficiências de escala.

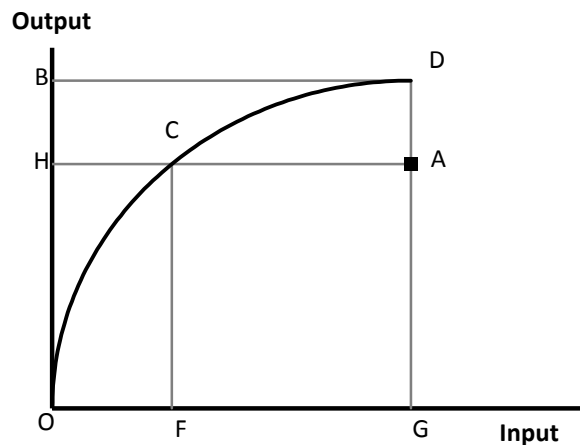


Figura 3.2 - Representação da fronteira eficiente de uma correspondência entre um *input* e um *output* em condições VRS (adaptado de THANASSOULIS [2001]).

A construção do PPS em condições de CRS - hipóteses do modelo

O PPS consiste no espaço formado por todas as correspondências de *inputs* e *outputs* que se aceitam como teoricamente possíveis, decorrentes do processo de transformação das unidades sob avaliação. Para ilustrar a construção do PPS, considerem-se N unidades fictícias de uma indústria também fictícia, onde se observam correspondências entre o *input* (X) e o *output* (Y) tais que $X \rightarrow Y = \{(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)\}$. Os pontos representativos de tais correspondências encontram-se assinalados na *Figura 3.3*.

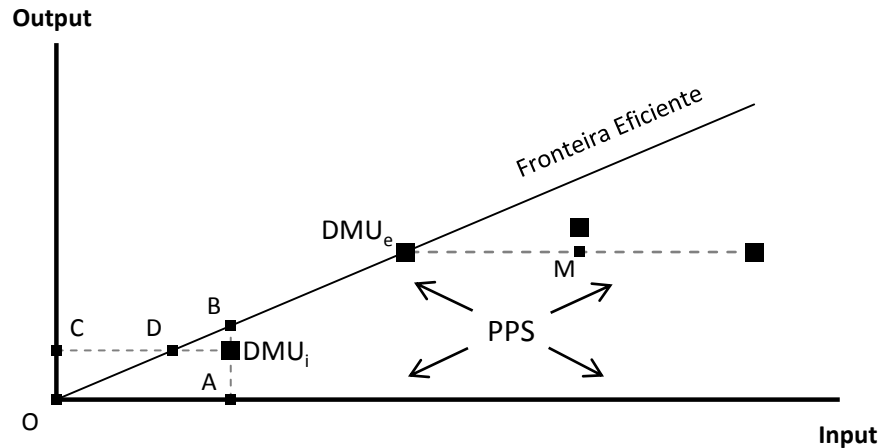


Figura 3.3 - PPS para o caso 1input-1output.

A construção do PPS tem por base 5 hipóteses e permite delimitar o espaço de correspondências entre *inputs* e *outputs* que podem teoricamente existir com recurso a transformações lineares dos níveis de *input/output* das DMUs de origem.

Interpolação entre DMUs: qualquer interpolação entre duas unidades resultará numa nova correspondência atingível em teoria. Atente-se ao caso da unidade virtual *M* na *Figura 3.3*, resultante da combinação dos níveis de *input* de duas DMUs.

Produção ineficiente: é possível obter pontos no espaço PPS com produção ineficiente. Qualquer ponto situado abaixo da fronteira assinalada constitui uma correspondência não eficiente (por exemplo, qualquer DMU à exceção da DMU_e , ou até a unidade virtual *M* criada por interpolação).

Retornos à escala constantes (CRS): a obtenção de novas unidades é conseguida escalando pela mesma constante ambos os níveis de *input* e *output* de unidades originais ou virtuais (criadas através das primeiras). A variação dos níveis de *input* é portanto proporcional à variação dos níveis de *output*.

Necessidade de existência de *input*: não é possível obter níveis de *output* superiores a zero sem utilização de recursos (níveis de *input* também não nulos).

Menor espaço de correspondências: O espaço PPS é tão pequeno quanto possível, abrangendo todas as correspondências das DMUs observadas, o que implicitamente indica que todas as DMUs sob análise operam a mesma tecnologia, no sentido em que têm ao ser dispor as mesmas opções de produção/gestão no processo de transformação de *inputs* em *outputs*.

A fronteira de eficiência assinalada no gráfico corresponde ao segmento de reta com maior declive com início na origem e que passe num ponto representativo de uma das correspondências, neste caso, no ponto onde se situa a DMU_e (eficiente), já que esta é unidade mais eficiente, ou seja, aquela com o rácio *output/input* mais

elevado. Assim, de acordo com a segunda hipótese admitida – *produção ineficiente* - qualquer DMU que esteja graficamente situada abaixo deste segmento representa uma unidade cuja gestão é ineficiente. É também esta a realidade de qualquer ponto representativo de uma unidade virtual como a unidade M , obtido por combinação linear dos níveis de *input-output* de qualquer DMU observada que não recaia sobre a fronteira Pareto-eficiente $ODMU_e$. Tomando como exemplo a DMU_i (ineficiente), podem ser graficamente calculadas as eficiências ETI e ETO relativamente aos pontos teoricamente Pareto-eficientes em termos de *input* utilizado ou *output* retornado, respetivamente, as unidades virtuais representadas por D e A . Assim, tem-se:

$$\begin{cases} ETI(DMU_i) = CD/CDMU_i \\ ETO(DMU_i) = ADMU_i/AB \end{cases} \quad (3.1)$$

Tendo em conta que os triângulos OAB e $DDMU_iB$ são semelhantes (o que decorre da terceira hipótese - CRS) conclui-se que as razões acima são iguais e equivalem à Eficiência Técnica (ET):

$$\begin{aligned} ETI(DMU_i) &= ETO(DMU_i) \\ \Leftrightarrow ET(DMU_i) &= ADMU_i/AB \end{aligned} \quad (3.2)$$

Cálculo de eficiência por via da programação linear (caso 1input/1output)

As hipóteses introduzidas anteriormente podem ser impostas a um modelo de programação linear que é depois utilizado para otimizar os níveis apresentados pelas DMUs segundo um determinado enfoque.

A hipótese de *interpolação* equivale, matematicamente, neste caso simples de 1input/1output, à criação de um espaço de correspondências (X, Y) resultante da combinação linear das correspondências observadas em cada DMU, restringida pela condição $\sum_{j=1}^N \Lambda_j = 1$ onde todos os coeficientes Λ (em número igual ao das unidades em análise) devem ser não negativos. Tem-se, então, o seguinte sistema:

$$\begin{cases} X = \Lambda_1 x_1 + \Lambda_2 x_2 + \dots + \Lambda_N x_N \\ Y = \Lambda_1 y_1 + \Lambda_2 y_2 + \dots + \Lambda_N y_N \\ \Lambda_1 + \Lambda_2 + \dots + \Lambda_N = 1 \\ \Lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \end{cases} \quad (3.3)$$

que pode ser transformado em:

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \Lambda_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \Lambda_2 \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} + \dots + \Lambda_N \begin{pmatrix} x_N \\ y_N \end{pmatrix} \\ \Lambda_1 + \Lambda_2 + \dots + \Lambda_N = 1 \\ \Lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \end{cases} \quad (3.4)$$

Na hipótese de CRS (retornos à escala constantes) a condição « $\Lambda_1 + \Lambda_2 + \dots + \Lambda_N = 1$ » torna-se desnecessária, devendo apenas garantir-se que pelo menos um dos termos Λ é positivo. Omitindo a restrição em questão obtém-se o sistema seguinte:

$$\begin{cases} x = \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_N x_N \\ y = \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \dots + \lambda_N y_N \\ \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N = k \\ \lambda_j \geq 0, \quad k > 0, \quad j = 1, \dots, N \end{cases} \quad (3.5)$$

No sistema anterior, se as unidades operam uma determinada tecnologia em condições de CRS, dado $k > 0$, é possível dividir x e y por k para chegar a (3.4), onde se deverá também ter $\Lambda_j = \lambda_j/k$, $j = 1, \dots, N$ para que $\sum_{j=1}^N \Lambda_j = 1$, tal como necessário. O valor k é positivo no sistema (3.5) se pelo menos um λ_j é também positivo, o que equivale a dizer que basta a presença de pelo menos uma DMU observada para que seja fornecido um espaço de correspondências possíveis e que, nesse caso, k é um valor positivo.

A hipótese de produção ineficiente leva a que, em (3.5), simultaneamente, o input x possa ser maior e o output y possa ser mais reduzido do que as respetivas expressões a que são igualados. Note-se que a hipótese da necessidade de existência de input e a hipótese do menor espaço de correspondências ficam implicitamente verificadas com as três anteriores, obtendo-se assim o seguinte sistema de inequações:

$$\begin{cases} x \geq \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_N x_N \\ y \leq \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \dots + \lambda_N y_N \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \end{cases} \quad (3.6)$$

Cada par (x, y) corresponde a uma correspondência input-output passível de ser executada dentro da tecnologia que as DMUs observadas operam. Tendo agora à disposição uma forma de gerar todo o PPS, a captura das eficiências técnicas de cada DMU pode ser levada a cabo introduzindo as convenientes alterações ao sistema (3.6).

Considere-se, primeiramente, o enfoque da redução de recursos (input) aplicado a uma DMU genérica como a DMU_i da Figura 3.2. Adaptando a noção de ETI à forma recém-obtida de gerar valores (x, y) dentro do PPS, o que se pretende é identificar uma correspondência que ofereça a máxima contração do nível de input x_i sem detrimento do nível de output y_i . Por conseguinte, o modelo (3.7) de programação linear tem como função objetivo o fator z que multiplica a coordenada de input a minimizar e está sujeito às condições anteriores.

$$\begin{array}{ll} \text{Min:} & z \\ \text{Sujeito a:} & z \cdot x_i \geq \lambda_1 x_1 + \lambda_2 x_2 + \dots + \lambda_N x_N, \quad z \text{ livre} \\ & y_i \leq \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \dots + \lambda_N y_N \\ & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \end{array} \quad (3.7)$$

A resolução do modelo anterior retorna um valor ótimo z^* que corresponde à contração a que o nível de *input* observado na DMU_i pode ser sujeito, logo, à eficiência da unidade (o símbolo * representa o valor ótimo da variável a que vem associado). O modelo devolve ainda um conjunto λ_j^* de valores que colocam a unidade em avaliação na fronteira de eficiência por comparação com os seus pares de referência. Os valores ótimos podem ser encontrados através da ferramenta *solver* do MS Excel, sendo que a multiplicação do valor z^* encontrado pelo valor do seu *input* x_i indica a quantidade de *input* que uma unidade virtual residente na fronteira necessita para produzir o *output* y_i . Este valor pode, por outro lado, ser gerado através da utilização dos valores do vetor λ . O modelo devolve os valores λ_1 a λ_N em número igual às unidades de gestão em análise, sendo que estes, quando não nulos, indicam quais as unidades de referência (*benchmark peers* ou *benchmark units*) que cada DMU sob avaliação deve emular. Assim, para o enfoque de eficiência técnica de *input*, os níveis de input e output que a DMU_i deverá ter como referência correspondem aos somatórios dos níveis das N unidades escalados pelos respectivos coeficientes λ_j^* .

O modelo (3.7) construído pode ser rapidamente modificado com vista a descobrir a eficiência técnica de *output*. Assim, a *ETO* da DMU_i pode ser apurada fixando o valor máximo de *input* x_i e multiplicando a coordenada de *output* y_i por um valor h , sujeito a maximização. Para distinção de enfoques, os valores que identificam as unidades de *benchmark*, ou seja, os coeficientes que multiplicam cada correspondência inicialmente observada em cada DMU j , passam a ser representados por α_j .

$$\begin{aligned}
 \text{Min:} & \quad h \\
 \text{Sujeito a:} & \quad x_i \geq \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_N x_N \\
 & \quad h \cdot y_i \leq \alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 + \dots + \alpha_N y_N, \quad h \text{ livre} \\
 & \quad \alpha_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, N
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

O modelo (3.8) devolve, então, os valores α_j^* não nulos que conduzem ao ponto dentro do PPS que oferece a máxima expansão do nível de *output* y_i para um dado nível de *input* x_i . De notar que neste enfoque de eficiência a eficiência da unidade sob análise vem $1/h^*$. A resolução do modelo retorna um valor h^* , o que traduz uma eficiência de $1/h^* = z^*$, tal como esperado após a imposição de CRS. Os coeficientes relativos aos pares em comparação, agora α_j^* , garantem a geração dos níveis ótimos para a DMU_i , desta feita no enfoque de eficiência técnica de *output*.

Caso 2inputs/1output

No caso anterior, a transformação de 1 *input* em 1 *output* foi propositadamente escolhida para que pudessem ser introduzidos de uma forma simples as hipóteses do modelo, os conceitos de [i] PPS (conjunto das possibilidades de produção), [ii] fronteira eficiente e [iii] CRS (retornos à escala constantes) e, ainda, a captura de

eficiência obtida quer por via gráfica, quer por recurso à programação linear. Antes da generalização para múltiplos *inputs* e/ou múltiplos *outputs*, propõe-se a análise do caso onde 2 *inputs* são transformados para produzir um único *output* (vide Tabela 3.1).

Tabela 3.1 - Caso *multi-input* onde 2 *inputs* (X_1 e X_2) retornam um único *output* (Y).

DMU	X_1	X_2	Y
DMU_1	$x_{1,1}$	$x_{2,1}$	y_1
DMU_2	$x_{1,2}$	$x_{2,2}$	y_2
...
DMU_N	$x_{1,N}$	$x_{2,N}$	y_N

A visualização gráfica em 2D das DMUs é possível através da standardização de um dos atributos, por exemplo, fixando o output em $Y = 1$. Este caso concreto equivale a dividir todos os atributos pelo valor do *output* Y , pelo que os *inputs* podem ser graficamente representados por X_1/Y e X_2/Y . A Figura 3.4 exemplifica uma dispersão 2D onde as DMU diferem apenas nos valores de *input* utilizados por unidade de *output*.

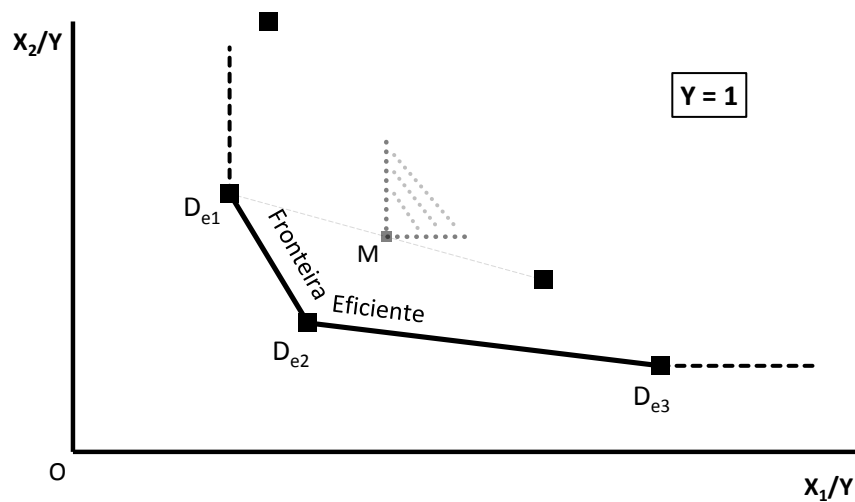


Figura 3.4 - Visão em corte do PPS das DMUs 1 a N para o plano em que o nível do *output* Y é igual à unidade.

As hipóteses em que se baseia a construção do PPS ilustrado na Figura 3.4 coincidem com as utilizadas no caso onde um único *input* garante um único *output*. O PPS é mais uma vez definido pela hipótese de *interpolação* entre DMUs, tal como demonstra a correspondência representada pelo ponto M , obtida à custa de uma ponderação dos níveis de *input* de duas DMUs. Podendo uma DMU operar nas condições exibidas em M , pode também, em princípio, operar segundo as condições definidas pela zona sombreada que aí se origina, pelo que de novo existe lugar a *produção ineficiente* dentro do PPS, uma vez que qualquer correspondência dentro de tal zona é dominada pelos níveis operacionais em M . Estendendo este raciocínio a todas as unidades em análise, é possível

traçar a fronteira eficiente $D_{e1}D_{e2}D_{e3}$, sendo que o PPS contém todos os pontos acima, coincidentes e à direita de tal fronteira definida por partes. Todas as correspondências que recaiam na fronteira $D_{e1}D_{e2}D_{e3}$ verificam as condições de eficiência de Pareto e podem, portanto, denominar-se *Pareto-eficientes*, achando-se como referências para medição de eficiência de outros pontos dentro do PPS.

Assinale-se, porém, que a fronteira eficiente relativa à análise das três variáveis consiste numa superfície aberta com três dimensões surgindo da origem dos três eixos e que, por conseguinte, carece de representação 3D. Para facilidade do estudo do PPS, esta envolvente ilustra-se seccionada por um plano ortogonal ao eixo Y quando esta variável atinge a unidade, o que significa, na verdade, que o ponto O dista uma unidade da origem 3D. Tendo havido lugar à estandardização dos níveis de *output*, isto é, nas condições exibidas pelo gráfico, todos os pontos do PPS operam retornando 1 unidade de *output*, o que desde logo propicia a análise de eficiência na perspectiva da minimização do *input*, já que torna intuitiva a comparação dos níveis de X_1 e X_2 para o mesmo nível de Y . Ora, a medição de eficiência técnica de *input* de uma DMU pressupõe exatamente a máxima contração radial dos seus níveis de *input* sem diminuição dos níveis de *output*, pelo que este enfoque de eficiência pode ser visualizado utilizando a representação 2D onde o *output* é fixo em 1 unidade. Note-se, para o efeito, que aquilo que se entende por uma contração radial dos níveis de *input* consiste na multiplicação dos mesmos por um fator comum, obtendo-se uma redução proporcional, ou seja, mantendo-se o *mix* de recursos com que a DMU opera. Graficamente, e tomando o exemplo da unidade D_{i1} (ineficiente) na *Figura 3.5*, este objetivo alcança-se traçando um segmento com início em D_{i1} em direção ao ponto O , verificando-se que, não sendo esta uma DMU eficiente, o segmento cruza a fronteira do PPS em P . O ponto P existe como referência para a unidade D_{i1} , sendo ele próprio uma combinação de duas DMUs eficientes, ambas sobre a fronteira eficiente. A proporção entre os níveis de *input* em P e aqueles observados em D_{i1} equivale, então, à *ETI* da unidade dada por OP/OD_{i1} , sempre com valor inferior ou igual a 1. Resulta desta abordagem que qualquer DMU situada na fronteira eficiente tem como referência para medição de eficiência o seu próprio ponto, pelo que possui uma eficiência técnica de *input* igual a 1.

Havendo lugar a produção ineficiente, todos os pontos da fronteira do PPS que se encontrem sobre as extensões (na vertical ou na horizontal) da fronteira $D_{e1}D_{e2}D_{e3}$ definida por partes, embora não possam sofrer qualquer contração radial dos *inputs* e apresentem, por isso, eficiência técnica de *input* igual a 1, *não são Pareto-eficientes*. De facto, tal como se pode observar na *Figura 3.5*, a procura de um ponto de referência para a DMU D_{i2} (ineficiente) leva à interseção do segmento OD_{i2} com a fronteira não eficiente (a traço interrompido) no ponto Q , o que corresponde à máxima contração a que os níveis de *input* da DMU D_{i2} podem ser simultaneamente sujeitos, sem alteração dos seus valores relativos (*input mix*) e sem diminuição do seu nível de *output*. Com efeito, analisando o ponto Q , constata-se que o seu nível de *input* X_1 já se encontra reduzido ao mínimo, porém o seu nível de *input* X_2 poderia ser diminuído. Quaisquer unidades que, após uma máxima contração dos seus níveis de *input*, se vejam em circunstâncias de poder ainda realizar esta translação ao longo da fronteira não eficiente apresentam um *excesso de input*, ou uma *folga* na utilização de recursos, cuja extinção não é passível de ser feita de forma proporcional.

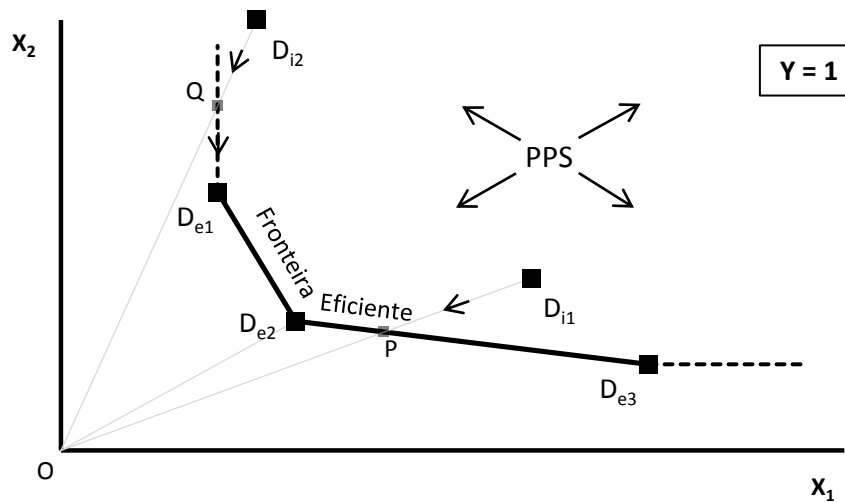


Figura 3.5 - Noção gráfica da ETI das unidades dentro e na fronteira do PPS (adaptado de THANASSOULIS [2001]).

Deduz-se do exposto que os processos produtivos do tipo *multi-inputs/1output* podem criar a necessidade de assinalar os excessos ou folgas de *input* que a redução proporcional dos mesmos deixa evidente. Assim, o sistema a computar para captura da eficiência técnica de *input* tem de ser modificado por forma a ter em conta ineficiências devido folgas após a máxima contração radial dos níveis de *input* que uma DMU pode sofrer, logrando-se assim uma distinção eficaz das DMUs Pareto-eficientes.

$$\begin{aligned}
 \text{Min:} & \quad q - \varepsilon(F_{X_1} + F_{X_2} + F_Y) \\
 \text{Sujeito a:} & \quad q \cdot x_{1,j_0} - F_{X_1} = \lambda_1 x_{1,1} + \lambda_2 x_{1,2} + \dots + \lambda_N x_{1,N} & : X_1 \\
 & \quad q \cdot x_{2,j_0} - F_{X_2} = \lambda_1 x_{2,1} + \lambda_2 x_{2,2} + \dots + \lambda_N x_{2,N} & : X_2 \\
 & \quad y_{j_0} + F_Y = \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \dots + \lambda_N y_N & : Y \\
 & \quad \lambda_1, \dots, \lambda_N, F_{X_1}, F_{X_2}, F_Y \geq 0 ; \quad q \text{ livre} \\
 & \quad 0 < \varepsilon \ll 1
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

O modelo (3.9) contém as ditas alterações e foi parametrizado com vista à obtenção da ETI de uma DMU_{j₀} genérica onde $(X_1, X_2, Y)_{j_0} = (x_{1,j_0}, x_{2,j_0}, y_{j_0})$, tal como se pode ver atentando ao lado esquerdo das três primeiras restrições do sistema. No modelo apresentado, q diz respeito ao fator responsável pela contração dos níveis de *input* da unidade j_0 e ε representa um infinitesimal não-arquimediano (menor do qualquer número real positivo). Com vista a levar a DMU sob avaliação até à fronteira Pareto-eficiente, no caso dos *inputs*, as folgas F_{X_1} e F_{X_2} que possam existir são subtraídas, ao passo que, no *output*, caso exista, a folga F_Y é adicionada⁵. A minimização da função-objetivo requer, então, a minimização do fator q com vista à máxima contração dos níveis de *input* e a

⁵ Mantém-se, no caso dos outputs, o termo *folga* (ou *slack*), ainda que diga respeito à falta de outputs e não ao excesso.

posterior maximização do somatório das folgas (F_{X_1} , F_{X_2} e F_Y). Para o efeito, a construção matemática do *modelo* (3.9) socorre-se do infinitesimal ε , utilizado aqui com um fim meramente formal. De resto, TAHANASSOULIS [2001] e BANKER *et al.* [2004] são consensuais, afirmando que, na prática, ao invés de se procurar um valor real que ε possa adotar, a otimização faz-se em duas etapas: [i] minimização de q e [ii] maximização do somatório das folgas mantendo q no seu valor mínimo recém-obtido.

Pretendendo-se apurar a eficiência técnica de *input*, o fator q deve afetar todas as variáveis de *input*, mas não o *output*, cujos níveis se pretende que não diminuam. Analogamente, no caso da captura da eficiência técnica de *output*, o fator a maximizar na função-objetivo deve multiplicar os níveis de *output*, figurando, nesse caso, na única restrição de *output* deste caso particular.

No caso de se analisar outra unidade, a alteração da DMU sob análise no modelo é prontamente conseguida modificando os valores do lado esquerdo das equações, relativos aos níveis de *input* e *output* da unidade que se pretende analisar.

A presença de folgas (F_{X_1} , F_{X_2} ou F_Y não nulos) deve ser interpretada como um sinal de que o *mix* de *inputs* com que opera a DMU, independentemente de poder vir (ou não) a sofrer contrações radiais, não está dentro da gama de valores praticados pelas DMUs Pareto-eficientes. Ora, seguindo graficamente a busca do valor de referência da unidade ineficiente D_{i2} , constata-se que a contração radial reduz o *input* até à fronteira não eficiente, restando-lhe subtrair a folga do *input* X_2 para que se chegue aos valores de referências (*target values*), já sobre a fronteira eficiente. Por seu lado, a unidade D_{i1} apresenta também uma *ETI* menor que 1, porém, sem qualquer folga, o que a torna igualmente ineficiente em termos de DEA. Por último, as DMUs D_{e1} , D_{e2} e D_{e3} asseguram uma *ETI* de 1 e não possuem qualquer folga de *input*, pelo que se consideram, tal como esperado, Pareto-eficientes. Importa ainda referir que, de acordo com o exposto, uma unidade poderá atingir uma *ETI* de 1 (ou 100%) e não ser Pareto-eficiente por apresentar folgas, que fisicamente podem ser interpretadas como desperdício de recursos. É, por conseguinte, impossível que, para a mesma unidade, todas as folgas de *input* sejam superiores a zero, já que haveria ainda lugar para uma redução proporcional dos seus níveis de *input*.

O vetor de λ^* indica quais os *benchmark peers* que a DMU_{j_0} deve tentar igualar para se tornar Pareto-eficiente. Assim, no caso de a DMU_{j_0} se encontrar nas condições da unidade D_{i1} , os valores de referência correspondem aos que se verificam para o ponto P , o que equivale a uma ponderação dos valores observados em D_{e2} e D_{e3} . Neste caso, o modelo retorna os valores λ_{e2}^* e λ_{e3}^* positivos, sendo os demais λ^* nulos.

O enfoque da eficiência técnica de *output* (*ETO*) pode ser computado, gerando resultados que, devido à imposição de CRS, coincidem com os de eficiência técnica de *input*, no entanto, a captura da *ETO* teria maior cabimento no caso em que 1 único *input* assegura a produção de 2 ou mais *outputs*. Deve recordar-se que a *ETO* coincide com o inverso do fator que consegue a máxima expansão radial dos níveis de *output* sem aumento dos níveis de *input*, o que significa que as DMUs Pareto-eficientes são as que retiram dos seus *inputs* o máximo proveito (em termos comparativos).

O separador seguinte apresenta os modelos genéricos para as situações em que múltiplos *inputs* garantem a produção de múltiplos *outputs*.

3.2. Modelos de análise: *Envelopment Models* e *Value-based Models*

Os modelos que se apresentam de seguida constituem a base de uma análise DEA, podendo sofrer alterações ou refinamentos, com vista a uma melhor calibração que vá de encontro às observações verificadas pelos decisores. Propõem-se, assim, duas abordagens de análise de dados que, embora tenham diferentes objetivos e potencialidades, apresentam alguns resultados em comum: os *envelopment models* e os *value-based models*.

3.2.1. *Envelopment Models*

Os modelos utilizados até aqui, deduzidos através de modelos de programação linear, são genericamente apelidados de *envelopment models*, porquanto a sua aplicação consista na geração de uma *envolvente de eficiência* (uma fronteira de um espaço de correspondências possíveis, gerado com base nas hipóteses apresentadas em *Medição de eficiência através da DEA*, p. 22). Em condições de CRS, esta envolvente pode ser tanto uma reta (caso *1input/1output*), como uma envolvente de um conjunto de pontos em n eixos ortonormados, cuja representação no espaço é impossível de visualizar quando se ultrapassam 3 dimensões de análise (caso *multi-input/multi-output*).

Considerem-se, então, N DMUs em análise ($j = 1, \dots, N$), utilizando m variáveis de *input* para garantir a produção de s variáveis de *output*. Tomem-se, ainda, x_{ij} e y_{rj} como os níveis que a variável de *input* i e a variável de *output* r respetivamente apresentam para a DMU_j . O modelo (3.10) (comumente denominado pela literatura como *CCR Model*) foi introduzido por Charnes, Cooper e Rhodes em 1978 e permite a avaliação da eficiência técnica de *input* da unidade sob avaliação DMU_{j_0} , sendo que a sua máxima contração radial de *inputs* e o valor da sua *ETI*, que neste enfoque coincidem, são dados por k_0 de valor inferior ou igual a 1 [BANKER et al., 2004]. A construção do modelo é, de resto, análoga ao que foi visto anteriormente, sendo que qualquer combinação possível de valores do vetor λ_j com os coeficientes x_{ij} e y_{rj} origina um ponto dentro do espaço PPS e que apenas as restrições de *input* (de índice i) incluem o fator k_0 , tal como esperado para a captura da *ETI*. Os valores ótimos das variáveis determinados pela resolução do modelo adquirem a notação *.

A resolução do modelo retorna um valor k_0^* representativo da menor proporção que os níveis de *input* da DMU_{j_0} podem alcançar sem detrimento dos níveis de *output*. A sua minimização é prioritária devido à colocação estratégica do infinitesimal não arquimediano ε , sendo que após a otimização deste fator de redução o modelo procura a maximização da soma das folgas utilizadas nas restrições de *input* e *output*⁶, respetivamente, F_i^- e F_r^+ .

⁶ Tal como referido em *Medição de eficiência através da DEA*, na prática, a minimização da função-objetivo é levada a cabo em duas etapas (vide TAHANASSOULIS [2001] e BANKER et al. [2004]).

$$\begin{aligned}
\text{Min:} \quad & k_0 - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m F_i^- + \sum_{r=1}^s F_r^+ \right) \\
\text{Sujeito a:} \quad & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = k_0 x_{ij_0} - F_i^-, \quad i = 1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} = y_{rj_0} + F_r^+, \quad r = 1, \dots, s \\
& \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, N; \quad F_i^-, F_r^+ \geq 0 \quad \forall i, r; \quad k_0 \text{ livre} \\
& 0 < \varepsilon \ll 1
\end{aligned} \tag{3.10}$$

A DMU j_0 sob avaliação é eficiente em termos de DEA se, e só se, as duas condições seguintes são *conjuntamente* verificadas [THANASSOULIS, 2001 e BANKER et al., 2004]:

- [i]** $\text{Min } k_0 = k_0^* = 1$
- [ii]** $F_i^{+*} = 0, \forall i \in [1, \dots, m] \wedge F_r^{+*} = 0, \forall r \in [1, \dots, s]$

$$\begin{aligned}
\text{Max:} \quad & h_0 + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m I_i + \sum_{r=1}^s O_r \right) \\
\text{Sujeito a:} \quad & \sum_{j=1}^N \alpha_j x_{ij} = x_{ij_0} - I_i, \quad i = 1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^N \alpha_j y_{rj} = h_0 y_{rj_0} + O_r, \quad r = 1, \dots, s \\
& \alpha_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, N; \quad I_i, O_r \geq 0 \quad \forall i, r; \quad h_0 \text{ livre} \\
& 0 < \varepsilon \ll 1
\end{aligned} \tag{3.11}$$

A averiguação da eficiência técnica de *output* conduz a algumas alterações no modelo CCR apresentado anteriormente. O *modelo (3.11)*, apresentado de seguida, procura a maximização prioritária do fator de amplificação dos *outputs* h_0 (que multiplica agora os níveis de *output* da unidade j_0 sob avaliação) e só depois, mais uma vez devido à presença do infinitesimal ε , a maximização do somatório das folgas, agora identificadas como I_i e O_r , respetivamente relativas às variáveis de *input* e *output*. Tal como anteriormente, no caso da captura da *ETO*, opta-se pela representação dos coeficientes relativos aos *peers* através do vetor α_j . Este modelo retorna igualmente as folgas das variáveis e permite o cálculo da eficiência técnica de *output* da DMU j_0 sob análise através de $ETO = 1/h_0^*$, sendo que, analogamente, esta é eficiente em termos de DEA se, e só se, as condições seguintes são *conjuntamente* verificadas:

$$[i] \text{ Max } h_0 = h_0^* = 1$$

$$[ii] I_i^* = 0, \forall i \in [1, \dots, m] \wedge O_r^* = 0, \forall r \in [1, \dots, s]$$

De notar que, em condições de CRS, se espera que $ETI = ETO$, ou seja, $k_0^* = 1/h_0^*$.

Super-Eficiência

Os modelos recém-descritos retornam a eficiência relativa da variável em avaliação tendo em conta que ela própria está inserida na envolvente do espaço PPS. Pode, no entanto, dar-se o caso de uma determinada DMU ser tão mais eficiente em relação aos seus pares que a distorção que a sua presença provoca na fronteira impede uma análise justa da eficiência das DMUs. Este facto pode ser capturado e quantificado calculando a eficiência dessa unidade em relação ao PPS composto apenas pelas demais DMUs da análise, isto é, um espaço constituído por todas as DMUs à exceção dela própria (*vide modelo (3.12)*).

$$\begin{aligned} \text{Min:} \quad & k_0 - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m F_i^- + \sum_{r=1}^s F_r^+ \right) \\ \text{Sujeito a:} \quad & \sum_{j=1, \neq j_0}^N \lambda_j x_{ij} = k_0 x_{ij_0} - F_i^-, \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1, \neq j_0}^N \lambda_j y_{rj} = y_{rj_0} + F_r^+, \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0; \quad j \in \{1, \dots, N\} \setminus \{j_0\}; \quad F_i^-, F_r^+ \geq 0 \forall i, r; \quad k_0 \text{ livre} \\ & 0 < \varepsilon \ll 1 \end{aligned} \tag{3.12}$$

No caso de a DMU sob avaliação ser Pareto-eficiente, a sua eficiência iguala ou suplanta os 100%, sendo esta unidade tão mais eficiente relativamente aos restantes *benchmarking peers* quanto maior for o resultado alcançado para lá deste valor. Em termos práticos, esta ferramenta DEA pode ser útil para a comparação de DMUs Pareto-eficientes, ou até para descartar unidades de gestão cuja emulação seja desnecessária ou não desejada, porquanto a sua eficiência se revele inatingível quer em tempo útil, quer em termos de recursos a despender para o efeito.

3.2.2. Value-based Models

A cada modelo de programação linear está associado um outro modelo *dual*. Tendo-se um sistema *primitivo* onde se pretenda a minimização da sua função-objetivo, tem-se também um sistema dual onde a maximização da sua função objetivo toma igual valor. No que concerne à DEA, o modelo primitivo corresponde a um contexto produtivo e subentende os conceitos de eficiência até agora introduzidos, resultando num cálculo de

eficiência em relação à envolvente do espaço PPS que contém os níveis de *input* e *output* observados; já o modelo dual oferece uma nova percepção do modelo primitivo em termos dos valores implícitos nas suas $m + s$ restrições relativas às variáveis de *input* e *output*. A dedução do modelo dual («modelo multiplicativo» ou «*value-based model*», termos adotados, respetivamente, por BANKER et al. [2004] e THANASSOULIS [2001]) a partir do modelo primitivo (*envelopment model*) pode ser consultada em THANASSOULIS [2001], pretendendo-se na presente dissertação alcançar apenas o significado físico atribuível aos valores que retorna.

Além da captura de eficiência da DMU sob avaliação por via da dualidade inerente ao resultado da função-objetivo, os modelos *value-based* permitem obter informação acerca das taxas de substituição e transformação entre fatores produtivos e, assim, acerca do peso que cada variável toma na obtenção de eficiência, o que enriquece a análise dos dados e aumenta a sensibilidade do decisor em relação a todo o processo de transformação de *inputs* em *outputs*. O modelo (3.13) foi deduzido a partir do modelo (3.10) (orientado para a determinação da eficiência de *input*) e deve notar-se que a sua função-objetivo pretende a maximização das variáveis duais u_1, \dots, u_r no interior do somatório, correspondendo u_r e v_i às variáveis associadas às restrições de ordem r e de ordem i do modelo (3.10) primitivo. Toda a notação é, de resto, coincidente com a que aí se verifica.

$$\begin{aligned}
 \text{Max:} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \\
 \text{Sujeito a:} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, N \\
 & u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \\
 & v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

Espera-se, então, por dualidade, que o resultado da maximização convirja para k_0^* , garantindo-se a mesma *ETI* quer se recorra ao *envelopment model*, quer se recorra ao *value-based model*. Verifica-se, no entanto, que a escolha de um valor real positivo “muito pequeno” para ε pode fazer com que os resultados sejam muito aproximados, mas não iguais, sendo a aproximação tão melhor quanto menor o seu valor. Estando em causa a identificação das unidades Pareto-eficientes, deve optar-se pela otimização em duas etapas recorrendo aos *envelopment models*, evitando-se erros de arredondamento [THANASSOULIS, 2001].

A primeira restrição apresentada no modelo (3.13) é conhecida como *condição de normalização*, sendo o valor à direita da igualdade fixado arbitrariamente num valor diferente de zero. Para uma interpretação mais intuitiva dos resultados, esta escolha pode recair na unidade, porquanto se queira que seja esse o valor máximo que pode atingir k_0^* e, conseqüente, a *ETI*. Não obstante, THANASSOULIS [2001] propõe a utilização do valor 100, no sentido de evitar erros de arredondamento.

O modelo (3.14) apresentado em baixo foi, por sua vez, deduzido do modelo (3.11), construído com vista à obtenção da eficiência técnica de *output*. A função-objetivo requer agora a minimização das variáveis duais $\delta_1, \dots, \delta_i$, sendo que se identificam δ_i e γ_r como as variáveis associadas às restrições de ordem i e de ordem r relativas ao modelo (3.11), estando a restante notação em concordância com a que aí se utiliza. Analogamente, a função-objetivo deste modelo retorna h_0^* , que corresponde ao inverso da ETO, dada por $1/h_0^*$.

$$\begin{aligned}
 \text{Min:} & \quad \sum_{i=1}^m \delta_i x_{ij_0} \\
 \text{Sujeito a:} & \quad \sum_{r=1}^s \gamma_r y_{rj_0} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s \gamma_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \delta_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, \dots, N \\
 & \quad \gamma_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, \dots, s \\
 & \quad \delta_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, \dots, m
 \end{aligned} \tag{3.14}$$

Importa assinalar que a interpretação dos valores obtidos ao computar os modelos anteriores deve restringir-se à unidade sob avaliação. De facto, embora a comparação de eficiência técnica se deva processar entre as várias DMUs, os pesos imputados às variáveis de cada DMU ganham relevância pelo seu valor relativo, carecendo de uma interpretação parcimoniosa. Repare-se, para o efeito, que os pesos das variáveis foram obtidos com o intuito de maximizar a eficiência através da maximização ou da minimização (consoante a orientação de eficiência) do somatório da função-objetivo. Assim, por combinação dos pesos u_r^* e v_i^* com os níveis y_{rj} e x_{ij} , respetivamente, obtêm-se os valores virtuais para as variáveis r de *output* e i de *input*. A soma dos valores virtuais de *input*, tal como a soma dos valores virtuais de *output*, varia entre o valor ε e o valor da constante de normalização, convenientemente fixado em 1 nos modelos anteriores. Os valores virtuais de cada variável indicam, portanto, como é que a obtenção de eficiência da DMU é ponderada de acordo com os níveis que a unidade apresenta em cada variável, ou seja, *em que medida* é que cada um dos níveis observados em cada variável *contribuiu* para que a DMU atinja um tal grau de eficiência. Note-se, pois, que no caso de a DMU sob avaliação ser Pareto-eficiente, logo, um par de referência (*benchmark peer*), ela constituiu, à partida, uma referência tão mais robusta quanto melhor for a distribuição dos valores virtuais pelas i variáveis de *input* ou pelas r variáveis de *output*, já que tais valores transmitem a noção de que o desempenho da DMU no seu todo não se fica a dever apenas à performance num ou noutro atributo, mas sim à forma equilibrada como opera. Ainda por outro lado, os pesos atribuídos às variáveis expõem o contexto operacional das unidades em avaliação, na medida em que tornam possível analisar em termos relativos o processo de transformação em causa, isto é, possibilitam estudar como é que cada DMU tira partido da combinação de níveis de inputs e/ou outputs (*inputs/outputs mix*) e, até, as

fraquezas que cada unidade poderá ter, deixando mais evidentes os campos onde se podem mais facilmente conseguir progressos.

3.3. Hipótese de retornos à escala variáveis – *variable returns to scale* (VRS)

A hipótese de retornos à escala constantes que esteve na base da construção do espaço PPS do *envelopment model* pressupõe que os retornos obtidos por uma DMU (*i.e.*, níveis de *outputs*) são proporcionais à sua escala de operação (*i.e.*, níveis de *inputs*). No caso de *1input/1output*, este conceito pode ser matematicamente traduzido pelo raciocínio de que se (x, y) é uma correspondência *input/output* possível, a correspondência $(\theta x, \theta y)$ com $\theta > 0$ também o é, em termos de DEA [THANASSOULIS, 2001].

De facto, a imposição de CRS não permite contemplar os efeitos que diferentes escalas de operação podem causar no processo de transformação de *inputs* em *outputs*. É, pois, necessário admitir retornos não proporcionais à escala de operação se se quer levar em consideração efeitos de economias ou deseconomias de escala que os processos produtivos podem experimentar. De notar, ainda, que uma análise do tipo DEA é passível de ser efetuada com variáveis sem escala como índices, que tomam antes valores discretos, e cujos níveis se destinam a distinguir contextos operacionais (*scale-free variables*), não devendo influenciar a captura de eficiência como qualquer outro atributo de escala contínua.

Estas situações não podem ser abordadas ou conjeturadas num contexto de CRS onde, por hipótese, a produtividade é independente da escala. A relaxação desta condição significa que se passa a admitir que os retornos obtidos a uma determinada escala possam variar de forma *não proporcional* à variação da escala de atuação da DMU, havendo já lugar a economias ou deseconomias de escala. Matematicamente, segundo BANKER *et al.* [2004], esta possibilidade de retornos à escala variáveis (VRS) é expressa pela geração de correspondências do tipo: $(\theta x, \varphi y)$, com $\theta, \varphi > 0$. Note-se, agora, que para uma variação θ do nível de *input* se tem uma variação φ do nível de *output*, tal que se obtém:

- [i] retornos à escala crescentes, com $\theta < \varphi$ (IRS);
- [ii] retornos à escala constantes, com $\theta = \varphi$ (CRS);
- [iii] retornos à escala decrescentes, com $\theta > \varphi$ (DRS).

3.3.1. Cálculo de eficiência técnica pura e de eficiência de escala – análise gráfica

A *Figura 3.6* apresenta a dispersão gráfica de DMUs de uma outra indústria fictícia. Por simplicidade de introdução de conceitos, recorre-se mais uma vez ao caso de *1input/1output*⁷.

⁷ A representação gráfica da fronteira eficiente VRS em causa não deve, no entanto, ser confundida com um seccionamento do espaço PPS tal como se fez anteriormente.

Numa situação de CRS, o cálculo da eficiência técnica de *input* da *DMU* D_i (ineficiente) por via gráfica é feito em relação ao ponto de referência B , situado sobre a «Fronteira CRS» (vide *Figura 3.6*), obtendo-se $ETI = AB/AD_i$. Esta noção de eficiência pressupõe que qualquer *DMU* cujo desempenho se queira analisar irá ser comparada com um ponto da fronteira de eficiência de CRS que surge tão-somente de uma redução ou de uma ampliação dos níveis operacionais observados na *DMU* Pareto-eficiente D_{e2} . De facto, uma vez tornada eficiente por se ter deslocado até ao ponto B , a *DMU* D_i não tem qualquer vantagem (em termos de eficiência produtiva) em aumentar ou diminuir a sua escala de operação, já que qualquer variação no nível de *input* ao longo da «Fronteira CRS» é acompanhada por uma variação proporcional no nível de *output* (retornos à escala constantes).

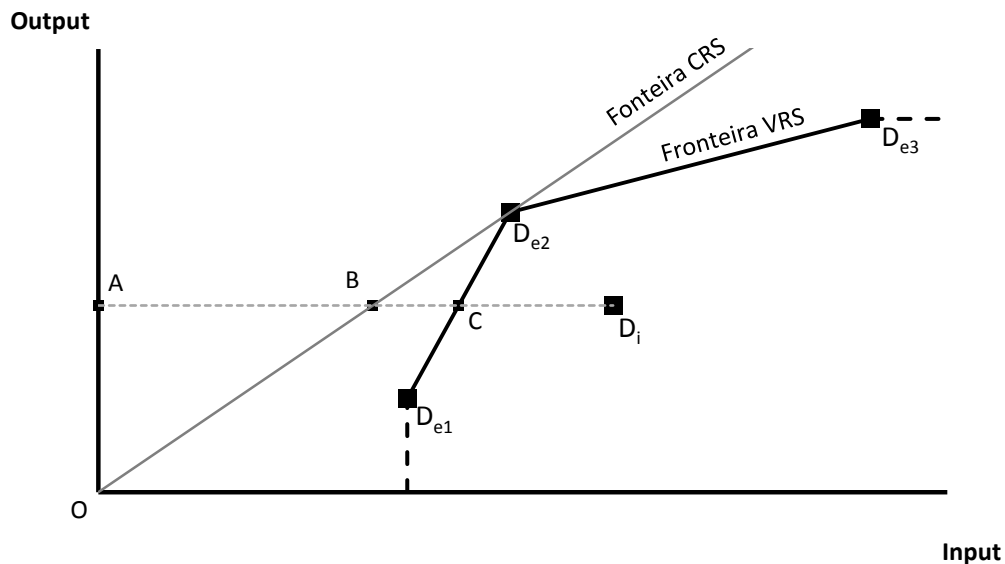


Figura 3.6 - Fronteiras CRS e VRS.

Analisando a dispersão das quatro entidades no gráfico, constata-se que as *DMUs* D_{e1} e D_{e3} podem alcançar um melhor rácio de eficiência se se deslocarem pela «Fronteira VRS» até ao ponto onde opera a *DMU* D_{e2} (visto que esta é a única *DMU* Pareto-eficiente). Para tal, pode recomendar-se à *DMU* D_{e1} que aumente a sua escala de operação, conseguindo assim obter um rácio *output/input* mais favorável (retornos à escala crescentes). Por seu turno, aconselha-se à *DMU* D_{e3} que procure diminuir a sua escala, já que opera numa zona do PPS de retornos à escala decrescentes. Importa, no entanto, recordar que as recomendações anteriores se aplicam ao instante temporal em que a informação das unidades foi capturada, podendo tornar-se obsoletas numa situação futura em que as unidades não eficientes evoluam em termos de eficiência técnica ao ponto de se tornarem também Pareto-eficientes, o que pode obrigar a uma redefinição do espaço PPS.

Reavalie-se, então, a eficiência de *input* da *DMU* D_i , desta feita, num contexto de VRS, isto é, permitindo retornos à escala variáveis. Esta nova noção é denominada de eficiência técnica pura de *input* (*ETPI*) e socorre-se

do ponto C localizado na «Fronteira VRS» (vide Figura 3.6). A eficiência técnica pura de *input* equivale, pois, à relação $ETPI = AC/AD_i$.

Além de visivelmente ineficiente em termos de eficiência técnica e eficiência técnica pura ($ETI_{D_i}, ETPI_{D_i} < 1$), a discrepância entre os valores obtidos por via gráfica em condições de CRS e VRS indica que a *DMU* D_i é também ineficiente em termos de escala de operação. A eficiência de escala de *input* ($E EI$) é, então, dada pela razão entre a eficiência em condições de CRS e a eficiência em condições de VRS, sendo sempre inferior ou igual a 1, uma vez que a $ETPI$ nunca é menor que a ETI , tal como se deduz da observação do gráfico. Ora, no caso da *DMU* D_i , a eficiência de escala de *input* vem $E EI = ETI/ETPI = AB/AC$.

3.3.2. Computação num contexto de VRS - escala de operação mais produtiva

A construção dos *envelopment models* e dos *value-based models* com recurso à programação linear pode também ser feita em condições de VRS. Para os efeitos do presente estudo, as informações exibidas pelo modelo *value-based* em VRS são, contudo, maioritariamente cobertas pelos dados fornecidos pelo *envelopment model* na sua versão VRS e por ambos os modelos nas suas versões CRS, escusando-se a sua introdução. Pelos últimos motivos, a aplicação de retornos à escala variáveis restringe-se à interpretação dos resultados obtidos no *envelopment model*. Esta opção permite capturar a eficiência técnica pura (em ambos os enfoques), encontrar novas unidades de referência tendo em conta as escalas operacionais e, nomeadamente, aferir em que medida a produtividade de cada *DMU* se encontra afetada pela componente de eficiência relativa à escala de operação.

$$\begin{aligned}
 \text{Min:} \quad & k_0 - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m F_i^- + \sum_{r=1}^s F_r^+ \right) \\
 \text{Sujeito a:} \quad & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} = k_0 x_{ij_0} - F_i^- , \quad i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} = y_{rj_0} + F_r^+ , \quad r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j \geq 0; \quad j = 1, \dots, N; \quad F_i^-, F_r^+ \geq 0 \quad \forall i, r; \quad k_0 \text{ livre} \\
 & 0 < \varepsilon \ll 1
 \end{aligned} \tag{3.15}$$

Para que sejam garantidas condições de VRS, no caso da captura de eficiência de *inputs*, basta acrescentar ao *modelo* (3.10) a condição de convexidade $\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$ que havia sido levantada quando da introdução da

hipótese de CRS⁸. Em condições de VRS, o *envelopment model* passa a vir tal como se observa no *modelo (3.15)*. Esta restrição obriga a que todas as correspondências obtidas através dos valores λ_j^* que formam a fronteira eficiente VRS resultem de uma *interpolação* entre as DMUs observadas mais eficientes à sua escala de operação, o que se distingue do processo anterior onde todos os pontos da fronteira eficiente CRS resultam de um aumento ou diminuição dos níveis apresentados pelas DMUs com o melhor rácio *output/input* (situação da DMU D_{e2} no exemplo anterior). De facto, em VRS, a soma dos valores já otimizados λ_j^* deve igualar a unidade, enquanto em condições de CRS poderia ser um valor positivo menor, maior ou igual a 1. No enfoque da eficiência de *outputs*, as alterações e os comentários anteriores são em tudo análogos.

A identificação das condições de retornos à escala (RTS, do inglês *returns to scale*) pode ser feita utilizando tanto os *envelopment models* como os *value-based models* e levando em conta diferentes orientações de eficiência. Os resultados obtidos em contextos distintos de avaliação, bem como as soluções que são retornadas em termos de escala de operação mais produtiva (EOMP) para cada DMU são debatidas por BANKER *et al.* [2004]. No âmbito da presente dissertação, importa reter o significado físico das economias (ou deseconomias) de escala identificadas para cada DMU em cada avaliação DEA, podendo, assim, reconhecer as escalas de operação mais adequadas e expor os fatores que levam cada unidade a afastar-se de tais circunstâncias.

3.4. Software PIM-DEA V3.2

O software PIM-DEA V3.2 (*Performance Improvement Management – Data Envelopment Analysis*) foi lançado em 2011 por Ali Emrouznejad e Emmanuel Thanassoulis, encontrando-se disponível em <http://www.deasoftware.co.uk/>, à data da presente dissertação. O programa incorpora os mais recentes avanços teóricos da DEA, à data, e permite a análise de unidades organizacionais com múltiplos *inputs* e *outputs*. Entre outras funcionalidades, destaca-se a possibilidade de avaliar a eficiência comparativa das unidades, definir valores-alvo, achar os *benchmark peers*, aplicar modelos em condições CRS ou VRS e identificar localmente se os retornos à escala são crescentes, constantes ou decrescentes. Segundo os seus autores, o uso do *software* é ainda indicado para tomadas de decisão entre alternativas com multi-atributos, permitindo manejar um vasto número de DMUs. Estão também à disposição do utilizador visualizações do espaço PPS quando o número de variáveis assim o permite e outras formas gráficas para interpretação dos resultados.

Os dados são introduzidos nesta ferramenta por via de um ficheiro do tipo folha de cálculo (por exemplo, MS Excel), ficando a cargo do *software* PIM-DEA eventuais normalizações dos mesmos. Os resultados obtidos no âmbito da dissertação dizem respeito a valores de:

⁸ Esta alteração foi introduzida em 1984 por Banker, Charnes e Cooper, ficando o modelo conhecido como *BCC Model*. BANKER *et al.* [2004] discutem as várias abordagens de retornos à escala que diferentes modelos DEA possibilitam. O tema das análises DEA em condições de VRS, particularmente no que respeita à introdução de informação conhecida *a priori* pelo decisor nos *envelopment models*, é retomado por THANASSOULIS *et al.* [2012].

[i] <i>ETI</i> (k^*),	[v] folgas,
[ii] <i>absolute weights</i> (pesos u_r e v_i),	[vi] valores-alvo,
[iii] <i>benchmark peers</i> (valores λ^*),	[vii] super-eficiência,
[iv] <i>virtual weights</i> (U_r e V_i , resultantes da combinação dos pesos u_r^* e v_i^* do <i>value-based model</i> com os níveis y_r e x_i),	[viii] eficiência de escala,
	[ix] natureza dos retornos à escala (CRS, IRS, DRS).

Este *software* executa as avaliações DEA de forma praticamente instantânea e admite várias análises em simultâneo, permitindo, por exemplo, testar diferentes situações de retornos à escala. Sublinha-se, por último, a possibilidade de realizar sucessivas análises num curto espaço de tempo, retirando ou acrescentando DMUs de forma expedita, o que facilita o ensaio de novas combinações e a conjectura de novos cenários comparativos.

3.5. Síntese

Os modelos apresentados constituem as ferramentas de análise de dados do tipo DEA mais básicas, podendo ser aperfeiçoados ou modificados com vista a uma reprodução mais fiel da realidade observada pelos decisores (*vide* THANASSOULIS [2001]). Importa referir que o facto de uma nova DMU ser adicionada à análise pode transformar, ou não, o espaço PPS, no sentido em que pode provocar alterações na anterior envolvente de eficiência e com isso obrigar a um novo cálculo de eficiência das DMUs em análise. Este aspeto vem reforçar que as unidades eficientes em termos de DEA podem não ser eficientes em termos absolutos, obrigando o decisor a manter um olhar crítico sobre as unidades consideradas como referência, de maneira a averiguar se elas próprias apresentam um desempenho passível de ser emulado.

O mesmo pode ser argumentado em relação à eficiência de escala, já que o impacto na produtividade causado pela dimensão das unidades tem sempre por base que as DMUs Pareto-eficientes estipulam as escalas de operação mais produtivas. A DEA permite constatar esse facto em termos relativos, mas cabe ao decisor identificar se a amostra contém uma variância e um conteúdo (*i.e.*, eficácia operacional) por si só consistentes, com vista a assegurar que existem unidades de *benchmark* competentes nas escalas de operação visadas e se elas próprias, ainda que Pareto-eficientes, garantem um desempenho apreciável no regresso à realidade.

A identificação dos pares mais eficientes revela-se, todavia, essencial para que se possam encontrar as melhores práticas dentro da indústria e, se possível, difundi-las por forma a elevar os níveis de serviço e a evitar o desperdício de recursos. Por conseguinte, interessa não só comparar as unidades ineficientes com os seus pares com melhor desempenho e reconhecer as suas possíveis folgas, mas, também, identificar entidades com ambientes operacionais *similares*, conjecturar novas escalas de operação, avaliando fusões ou cisões na indústria, e ainda, se necessário, reorientar práticas obsoletas das entidades gestoras, recomendando câmbios operacionais ao seu alcance e exemplificando as melhorias implícitas.

4. CORPO DA ANÁLISE

4.1. Análise preliminar

4.1.1. Universo das entidades sob análise

A análise DEA a realizar recai sobre os serviços de abastecimento de água (AA) - um dos dois ramos dos SAS, a par com os serviços de águas residuais (AR). O estudo pretende não apenas efetuar uma avaliação de eficiência relativa das entidades gestoras, mas também utilizar esta ferramenta de análise para aumentar a compreensão dos processos de gestão inerentes à atuação das entidades gestoras e descobrir, ou entender melhor, determinadas relações entre as variáveis convenientemente tomadas como *inputs* ou *outputs* da produção.

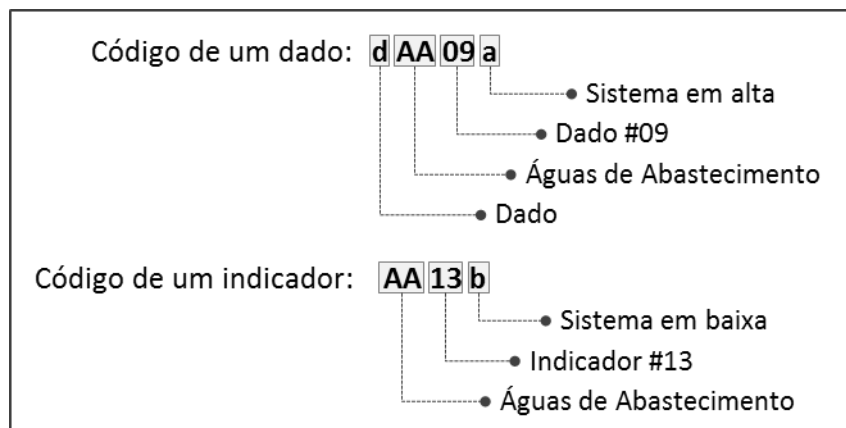


Figura 4.1 - Códigos que identificam os dados e os indicadores utilizados pela ERSAR.

Dentro de cada ramo AA ou AR distinguem-se, ainda, sistemas em alta e sistemas em baixa, correspondendo, respetivamente, às atividades grossista e retalhista do setor⁹. A análise recorre a um conjunto de *dados* e *indicadores* disponibilizados pela ERSAR para escrutínio da atividade nos sistemas em alta e em baixa que supervisiona. De acordo com a nomenclatura adotada nos documentos que o regulador publica anualmente, tais dados e indicadores identificam-se por um código alfanumérico que os distingue inequivocamente. A figura *Figura 4.1* mostra como tanto os códigos dos *dados* recolhidos diretamente das EGs, como os códigos dos *indicadores* preconizados pelos guias técnicos e utilizados na regulação pela ERSAR permitem que neles se identifique qual o ramo de atividade - «AA» ou «AR» - e qual o tipo de sistema - «a» (de alta) ou «b» (de baixa) - a que dizem respeito,

⁹ Segundo LNEC e ERSAR [2013b] os tipos de sistema são definidos como [i] sistema em alta: «Conjunto de infraestruturas destinadas essencialmente à captação, ao tratamento e à adução (incluindo elevação e armazenamento) de água para abastecimento público, com exclusão da distribuição, sob exploração e gestão de uma entidade gestora.» e [ii] sistema em Baixa: «Conjunto de infraestruturas destinadas essencialmente à distribuição (incluindo elevação e armazenamento) pelos consumidores finais de água para abastecimento público, importada ou não de um sistema em alta, sob exploração e gestão de uma entidade gestora. Pode eventualmente integrar algumas infraestruturas de captação, tratamento e/ou adução.».

sendo que, no caso dos dados, tais códigos vêm sempre precedidos pela letra «d». Numa primeira fase, a presente análise recorre a alguns desses dados recolhidos pela entidade reguladora, tomando-os como variáveis DEA, ou seja, utilizando-os como *inputs* ou *outputs* dos processos cuja eficiência se pretende escrutinar, e, mais tarde, a alguns indicadores, para que os resultados sejam, de certa forma, contrabitados e corroborados. As listas de dados e indicadores usados pela entidade reguladora no ano de 2013 podem ser encontradas *online*, na página da ERSAR, juntamente com a documentação respeitante ao Volume 3 do RASARP 2014 (*vide* ERSAR [2014c.1 e c.2]).

4.1.2. Características do setor passíveis de influenciar uma análise do tipo DEA

De acordo com as análises efetuadas no RASARP 2014, baseadas nos valores dos indicadores e nas observações da entidade reguladora ao longo do tempo, afigura-se possível que o ambiente em que funciona cada EG, no que diz respeito ao número de habitantes da região que serve e à forma como estes se distribuem em área, possa influenciar a sua operação e a sua gestão, logo, a eficiência DEA. Ainda que a escolha das variáveis que se processa no próximo separador procure também abarcar estes fatores, as três tipologias adotadas pela ERSAR para interpretar o comportamento do setor são trazidas para esta avaliação numa fase final de análise de resultados:

- [i] Área Predominantemente Rural (APR),
- [ii] Área Mediamente Urbana (AMU) e
- [iii] Área Predominantemente Urbana (APU).

Os valores das eficiências são, assim, destacados por tipologias e comparados entre si, buscando-se discernir particularidades ou eventuais tendências.

Paralelamente ao que sucede com a tipologia da área de intervenção, o regulador tem a preocupação de separar os resultados das AA em baixa também por 3 zonas geográficas, admitindo, portanto, que de Norte a Sul do país os desempenhos operacionais merecem ser destrinçados. As regiões em causa coincidem com as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) identificadas no DECRETO-LEI Nº 104/2003 [Artigo 2º] e são agrupadas de forma a criar as 3 zonas seguintes:

- [i] CCDR Norte (N),
- [ii] CCDR Centro e CCDR Lisboa e Vale do Tejo (CLVT),
- [iii] CCDR Alentejo e Algarve (AeA).

Tal como referido em *Falhas de mercado e necessidade de regulação* (p. 3), os SAS (e, assim, todos os serviços de AA) funcionam como exemplos típicos de monopólios naturais, no sentido em que, numa determinada área, uma só empresa leva a cabo a gestão e o fornecimento dos serviços. Isto significa que existe como que uma tendência primária para aceitar incrementos na dimensão das entidades gestoras, já que se está perante serviços que podem beneficiar de economias de escala. Resta, pois, perguntar até quando se verifica este efeito, ou seja, até que *dimensão limite* devem crescer as companhias fornecedoras de água e quais são os fatores que contribuem para que se verifiquem economias com a expansão ou a contração da sua área de abrangência.

Note-se, por último, que as companhias fornecedoras de água são empresas de capital intensivo e com longos períodos de retorno dos investimentos efetuados [ERSAR 2014b]. Para além do mais, estas entidades possuem o direito de gestão de património público sobre o qual devem realizar tais investimentos, para que o ciclo de vida dos ativos em questão se prolongue e sirva dignamente o interesse dos acionistas (públicos e/ou privados). A comparação dos gastos das EGs de abastecimento de água deve ser feita com muita parcimónia e cruzada com análises suplementares, para que se possa ter em conta em que medida as unidades em avaliação cumprem determinadas metas de qualidade do serviço prestado e possuem planos adequados de gestão patrimonial de infraestruturas (toda a análise parte da premissa de que todas as DMUs selecionadas cumprem os requisitos de qualidade da água para consumo). Espera-se, então, que entidades que tenham a cargo ativos mais antigos e desatualizados do ponto de vista tecnológico sejam forçadas a enfrentar problemas de reabilitação mais graves e frequentes, ficando imediatamente em desvantagem face a unidades com ativos mais recentes, caracterizadas por um volume de perdas e um registo de anomalias anormalmente baixos. No entanto, esta situação tende a dissipar-se com o tempo, uma vez que com o passar dos anos todos os componentes das infraestruturas se vão aproximando do fim da sua *vida útil económica* e até, eventualmente, do seu período de *vida útil técnica*, tornando-se inevitável a sua reabilitação ou substituição¹⁰. Isto faz com que, após tais períodos iniciais, a vantagem de ter uma infraestrutura mais recente se desvaneca, equilibrando os contextos de reabilitação em que cada EG opera e reforçando o uso da DEA. Malgrado esta dificuldade comparativa entre as EGs, a DEA pode ser utilizada mesmo numa fase de falta de maturidade de alguns sistemas desde que os seus resultados sejam bem criticados, sendo interessante a sua complementação com outras análises que avaliem o progresso das eficiências das várias unidades ao longo do tempo e que permitam separar que parte dessa evolução diz respeito a ganhos de eficiência ao nível da indústria e que parte se deve à maior produtividade dessa DMU face aos seus pares (por exemplo, o índice de produtividade de Malmquist, *vide* THANASSOULIS [2001]).

4.2. Escolha de combinações (*combos*) e reconhecimento das DMUs

Na presente dissertação, são efetuadas três análises do tipo DEA. As duas primeiras utilizam um único *input* para *multi-outputs*, enquanto a terceira consiste numa avaliação *multi-input/multi-output*. Resume-se, de seguida, o que se pretende de cada uma das três combinações de dados para aplicação da DEA (*vide* esquema da Figura 4.2).

¹⁰ Podem ler-se em LNEC e ERSAR [2013a] as definições a propósito do ciclo de vida dos componentes: [i] «*Vida útil técnica* - A *vida útil técnica* corresponde ao período após a instalação durante o qual o componente cumpre a função a que se destina.» e [ii] «*Vida útil económica* - A *vida útil económica* é definida pelo período entre a aquisição e o tempo em que o componente, apesar de fisicamente ainda capacitado para fornecer o serviço, já não constitui a opção de menor custo para satisfazer os requisitos de desempenho pretendidos. A *vida económica* é, no máximo, igual à duração física. A obsolescência leva a que a *vida económica* seja frequentemente inferior à duração física. Nas situações em que os custos de manutenção crescem significativamente com o envelhecimento, o fim da *vida económica* pode também ocorrer numa fase em que o activo ainda cumpre a função a que se destina.».

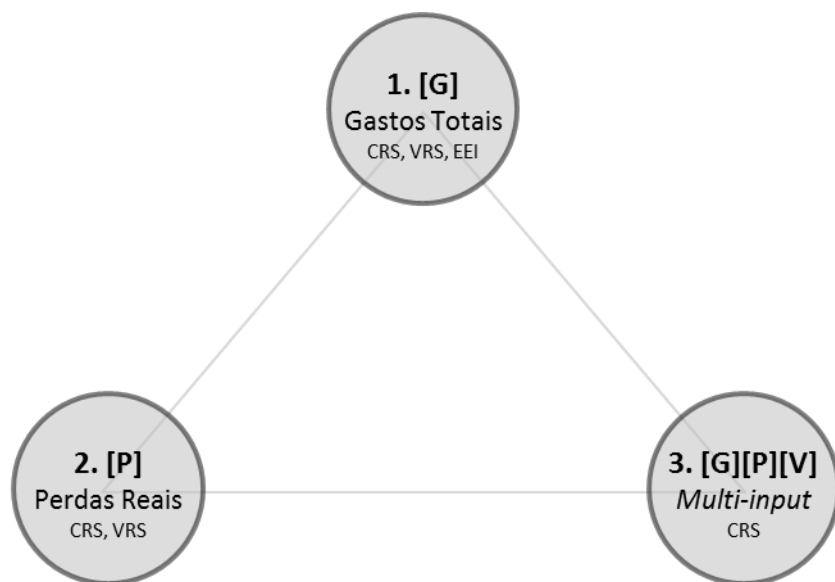


Figura 4.2 - Os 3 *combos* submetidos à DEA, caracterizados pelas suas variáveis de *input*.

A primeira das três análises DEA diz respeito à eficiência de gastos totais das DMUs. Isto vai de encontro àquilo que seria uma análise da eficiência da gestão das EGs em termos gerais, uma vez que aparecem mais bem classificadas as companhias que, fixando determinados níveis de serviço, apresentem menores custos de operação (ênfase da redução de *input*), ou aquelas que, para um determinado volume de gastos, mostrem melhores níveis de serviço (ênfase do aumento de *outputs*).

A segunda análise é dirigida apenas às perdas reais de água pronta para consumo humano, considerando-se que uma EG é tão mais eficiente quanto menor o volume de água extraviado. As perdas são uma das principais causas de ineficiência das EGs, desde logo porque o bem perdido é aquele que deve ser comercializado. Elas podem ainda estar relacionadas com os níveis de manutenção das companhias, uma vez que tendem a ser diminutas em companhias mais recentes e a agravar-se com a degradação das infraestruturas ao longo do tempo. No limite, as perdas estão também relacionadas com o nível de serviço, já que os fenómenos de *piping* que originam são responsáveis por danos que, por vezes, acabam por se fazer notar à superfície e cuja resolução pode obrigar à interrupção do abastecimento e a outros constrangimentos na via pública.

A última das três análises tem como objetivo testar a utilização da DEA numa análise de eficiência das EGs onde são escolhidas múltiplas variáveis tanto para *input* como para *output*. Neste último caso, entram para a obtenção de eficiência os dois *inputs* anteriores – gastos e perdas - e um terceiro relativo às avarias em condutas.

Os próximos separadores apresentam os principais fundamentos que uma análise do tipo DEA deve ter em conta e justificam a escolha destes três *combos* de entre o universo de combinações possibilitado pelos dados que a entidade reguladora disponibiliza.

4.2.1. A escolha de variáveis – fundamentos gerais

A escolha das variáveis que compõem cada *combo* (combinação de variáveis sujeitas à avaliação DEA) deve ser criteriosa, uma vez que todo o processo produtivo levado a cabo pelas unidades em análise acaba por ser traduzido e avaliado em função desses seus atributos que visam modelar uma determinada realidade. Em primeiro lugar, importa definir o tipo de eficiência que se pretende apurar, ou seja, “*qual o processo em causa?*”, e pensar que fatores nele podem intervir, quer eles sejam ou não dependentes da gestão de cada DMU. Isto equivale a dizer que fatores exógenos às unidades de tomada de decisão não devem ser excluídos *a priori* (possível *exogeneidade* das variáveis). Numa segunda fase, interessa averiguar se os fatores encontrados devem figurar como *inputs* ou como *outputs* do processo de captura de eficiência, para que, segundo THANASSOULIS [2001], se verifique a *exclusividade* e a *exaustividade* dos mesmos. Segundo o autor, os *inputs* selecionados são aqueles, e só aqueles, que, em conjunto ou singularmente, influenciam ou originam os níveis de *output* de acordo com o que se pretende avaliar (*exclusividade*), não havendo sido esquecido ou posto de parte qualquer outra variável também capaz de o fazer (*exaustividade*). O autor refere, todavia, que o cumprimento dos requisitos de *exclusividade* e *exaustividade* é, na prática, muito difícil, admitindo que esses princípios podem ser relaxados caso se esteja em condições de assumir que a omissão de algum *input* ou *output* não altera a proporcionalidade entre os níveis de *inputs* e/ou *outputs* das demais variáveis ao longo de toda a lista de DMUs. Como exemplo, uma variável pode vir a ser descartada caso a sua presença surta apenas impacto num número muito reduzido de DMUs e fazendo com que estas se destaquem de forma desproporcionada e não usual. Para além do mais, o número de *inputs* e *outputs* deseja-se tão pequeno quanto possível face ao número de DMUs, para que o propósito da avaliação não seja desvirtuado e para que seja possível discriminar a influência de cada variável, evitando que a interpretação do modelo se torne demasiado complexa. THANASSOULIS [2001] conclui que o principal objetivo é que a escolha de *inputs* e *outputs* atenda aos princípios de *exclusividade*, *exaustividade* e *exogeneidade*, envolvendo o menor número de variáveis possível.

O *brainstorming* de variáveis sugerido pode ser trabalhado até que se encontre um conjunto de *inputs* e *outputs* satisfatório. Esta tarefa necessita de ser levada a cabo com sentido crítico e deve ser vigiada pelos olhos da experiência, evitando a escolha de variáveis que desacreditem os resultados finais. Para obviar esta questão, a presente dissertação faz uso da estratégia seguida por THANASSOULIS [2000a e 2000b] por ocasião da aplicação da DEA na regulação das companhias de distribuição de água no Reino Unido. Numa primeira fase, o autor recorre à correlação entre as variáveis potenciais para afastar algum atributo que esteja de tal forma correlacionado com outro que se torna indiferente optar por qualquer um deles; posteriormente, admite subconjuntos de *outputs* (ou *inputs*), para que se possa mais facilmente captar o efeito que a presença de uma determinada variável surte no *ranking* DEA (por exemplo, quais as alterações que o *ranking* DEA sofre quando se retira ou acrescenta um *output*).

De entre os dados recolhidos pela entidade reguladora, os seguintes destacam-se como principais intervenientes no processo de distribuição e abastecimento de água ou como sendo capazes de influenciar a eficiência operacional das EGs:

Tabela 4.1 - Variáveis DEA potenciais eleitas de entre os dados fornecidos pela ERSAR.

Ramo de Atividade	Tipo de Sistema	Código do Dado	Unidades	Variável
AA	Alta	dAA07a	n.º	Alojamentos com serviço efetivo
AA	Baixa	dAA07b	n.º	
AA	Alta	dAA08a	n.º	Alojamentos com serviço disponível não efetivo
AA	Baixa	dAA08b	n.º	
AA	Alta	dAA09a	n.º	Alojamentos existentes
AA	Baixa	dAA09b	n.º	
AA	Alta	dAA12a	/(ponto de entrega.ano) n.º/ano	Falhas no abastecimento
AA	Baixa	dAA12b		
AA	Alta	dAA13a	n.º/ano	Avarias em condutas
AA	Baixa	dAA13b	n.º/ano	
AA	Alta	dAA14a	m³/ano	Água entrada no sistema
AA	Baixa	dAA14b	m³/ano	
AA	Baixa	dAA15b	m³/ano	Consumo autorizado
AA	Alta	dAA16a	m³/ano	Água faturada
AA	Baixa	dAA16b	m³/ano	
AA	Alta	dAA17a	m³/ano	Água não faturada
AA	Baixa	dAA17b	m³/ano	
AA	Alta	dAA18a	m³/ano	Perdas reais
AA	Baixa	dAA18b	m³/ano	
AA	Alta	dAA20a	m³/ano	Água captada
AA	Baixa	dAA20b	m³/ano	
AA	Alta	dAA26a	kWh/ano	Consumo de energia para bombeamento
AA	Baixa	dAA26b	kWh/ano	
AA	Alta	dAA29a	kWh/ano	Consumo de energia
AA	Baixa	dAA29b	kWh/ano	
AA	Alta	dAA30a	km	Comprimento total de condutas
AA	Baixa	dAA30b	km	
AA	Alta	dAA31a	km	Comprimento médio de condutas
AA	Baixa	dAA31b	km	
AA	Alta	dAA32a	km	Condutas reabilitadas nos últimos cinco anos
AA	Baixa	dAA32b	km	
AA	Baixa	dAA33b	n.º	Ramais de ligação
AA	Alta	dAA50a	€/ano	Rendimentos e ganhos totais
AA	Baixa	dAA50b	€/ano	
AA	Alta	dAA51a	€/ano	Gastos totais
AA	Baixa	dAA51b	€/ano	
AA	Alta	dAA52a	€/ano	Encargo médio com o serviço de abastecimento de água
AA	Baixa	dAA52b	€/ano	
AA	Alta	dAA59a	n.º	Pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água
AA	Baixa	dAA59b	n.º	
AA	Alta	dAA60a	n.º	Pessoal em <i>outsourcing</i> afeto ao serviço de abastecimento de água
AA	Baixa	dAA60b	n.º	

As variáveis da *Tabela 4.1* são as que foram selecionadas em primeira instância por poderem estar relacionadas com a eficiência das EGs. No entanto, dentro dessa lista existem subconjuntos que se reportam a um mesmo tipo de informação e variáveis cujo contributo para a análise é dominado por outras. As razões que levam à rejeição das variáveis de cor desmaiada na tabela anterior apresentam-se de seguida.

Número de alojamentos servidos. De entre as três variáveis apresentadas relativas aos alojamentos, é preferível reter o dado dAA07a/b, já que é o único que indica o número de alojamentos que são

efetivamente abastecidos e que são responsáveis pela receita das companhias. Assim, os dados dAA08a/b (alojamentos com serviço disponível não efetivo) e dAA09a/b (alojamentos existentes) são descartados.

Falhas e avarias. As falhas (dAA12a/b) correspondem a períodos de descontinuidade do serviço de abastecimento, estando desde logo relacionadas com a qualidade do serviço prestado aos utilizadores. As avarias (dAA13a/b), por seu turno, apesar de não estarem forçosamente relacionadas com períodos de inatividade, introduzem uma noção da vulnerabilidade das infraestruturas, sendo tendencialmente mais frequentes em redes mais antigas. Por estas duas razões, ambas são mantidas na análise, nesta primeira fase de triagem.

Volume de água consumido. De acordo com o ANEXO 3 respeitante ao balanço hídrico, a água que entra nos sistemas divide-se em dois grupos: um primeiro relativo ao consumo autorizado e um outro relativo às perdas (aparentes mais reais). Cada EG é tão mais eficiente quanto melhor uso der à água que entra no seu sistema, o que, desde logo, passa pela redução do volume de perdas. Por este ponto de vista poder-se-ia adotar a água entrada no sistema como *input* do processo, porém, uma vez que as perdas reais são quantificadas separadamente (dAA18a/b), opta-se pela escolha do consumo autorizado como variável de *input* em baixa (dAA15b), abarcando toda a água que é entregue para consumo mas que não é faturada. Note-se que é o volume de água entregue para consumo, e não toda a água entrada no sistema (consumo mais perdas), que possibilita uma definição mais justa da escala de atuação da DMU, já que as perdas significativas devem, por princípio, ser combatidas, não devendo, por isso, legitimar incrementos da escala de operação. Por fim, uma vez que o consumo autorizado apenas se utiliza em baixa, toma-se a água faturada como variável análoga em alta (dAA16a). Assim, são também descartados os dados dAA14a/b (água entrada no sistema), dAA16b (água faturada em baixa) e dAA17a/b (água não faturada).

Água captada. A análise visa o processo de abastecimento de água e não o processo de tratamento que precede a sua distribuição pelos utilizadores. Assim, abandonam-se os dados dAA20a/b relativos à captação de água, preferindo-se ter em conta os volumes que são consumidos, tal como exposto no ponto anterior.

Consumo de energia, contabilização de recursos humanos e outros custos. O presente estudo considera que os gastos totais (dAA51a/b) englobam os custos de energia, tal como outros gastos associados a custos de capital ou de recursos humanos. Nestas condições, todos os aspetos relativos a consumo de energia, a necessidades de recursos humanos ou outras rúbricas de gestão das EGs são vistos como possíveis subdivisões dentro daquilo que são os gastos totais. A forma como cada DMU faz a distribuição dos gastos poderia ser também alvo de um exame do tipo DEA. Não havendo, porém, informação que permita tal análise, são descartados os dados dAA26a/b (consumo de energia para bombeamento), dAA29a/b (consumo de energia), dAA59a/b (pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água) e dAA60a/b (pessoal em outsourcing afeto ao serviço de abastecimento de água).

Extensão da rede. A extensão da rede é um importante dado que caracteriza a EG, sobretudo no que concerne à escala de operação. Esta variável permite introduzir a noção de densidade de alojamentos e de densidade de consumo quando combinada, respetivamente, com o número de alojamentos e com o volume de água consumido. Uma vez que, de acordo com LNEC e ERSAR [2013b], o dado dAA31a/b corresponde ao comprimento médio de condutas com idade superior a 10 anos nos últimos 5 anos, ele é também descartado, mantendo-se apenas o comprimento total de condutas (dAA30a/b).

Reabilitação. O dado dAA32a/b diz respeito à extensão de condutas com idade superior a 10 reabilitadas nos últimos 5 anos. Uma vez que a reabilitação de condutas é uma atividade essencial para uma adequada gestão dos ativos infraestruturais, esta variável é mantida na análise.

Ramais de ligação. Embora o número de ramais de ligação (dAA33b) seja apenas relativo aos sistemas em baixa, esta é mais uma variável que contribui para a caracterização do ambiente operacional das EGs. Por exemplo, a combinação do número de alojamentos com o número de ramais transmite uma noção do número médio de agregados familiares por ramal de ligação, sendo que este valor é geralmente maior em áreas urbanas e menor em áreas rurais. Uma vez que esta variável pode contribuir para a distinção de escalas de operação e para uma melhor caracterização do ambiente operacional de cada DMU, opta-se pela sua manutenção na análise.

Rendimentos e ganhos totais. Embora se pudesse pensar em eficiência das EGs como um processo de transformação de recursos financeiros em rendimentos também financeiros, pretende-se acima de tudo que a DEA traga uma noção de eficiência que não descure o serviço prestado aos consumidores, até porque, tal como visto no capítulo *Regulação económica dos SAS* (p. 13), num contexto regulatório saudável, os rendimentos devem oscilar dentro de intervalos que são definidos e acompanhados pela entidade reguladora. Assim sendo, a introdução do retorno financeiro obtido pelas DMUs não é considerada pertinente para a análise e o dado dAA50a/b (rendimentos e ganhos totais) é afastado.

Encargo médio com o serviço de abastecimento de água. O encargo médio com o serviço de abastecimento de água reporta-se à despesa média que cada agregado familiar tem com o serviço de abastecimento de água, calculado de acordo com LNEC e ERSAR [2013b]. Este valor depende da tarifa em vigor e não tem impactos diretos na eficiência técnica, pelo que não seria adequado influenciar o cálculo de eficiência com base num fator que é desde logo externo às EGs. O dado dAA52a/b (encargo médio com o serviço de abastecimento de água) é, por estes últimos motivos, retirado da análise.

A tabela seguinte resume a escolha final de variáveis para a aplicação da DEA aos SAS. Após esta triagem, considera-se que estes são os dados fornecidos pelo regulador que estão em condições de ser utilizados para, através da DEA, avaliar a eficiência das EGs dos SAS quanto ao serviço que prestam aos consumidores. Contudo, a combinação de tais variáveis para a captura de eficiência deve apenas ser discutida após a segregação das mesmas em *inputs* e *outputs* do processo de abastecimento de água às populações. Como tal, o próximo passo consiste em

distinguir *inputs* de *outputs*, sendo que a discussão da configuração de cada *combo* em particular é feita apenas no capítulo relativo ao mesmo, com base nos resultados aí obtidos.

Tabela 4.2 - Variáveis para aplicação da DEA aos SAS.

Variável	Dados	Descrição
[A] Alojamentos	dAA07a/b	Alojamentos com serviço efetivo
[F] Falhas	dAA12a/b	Falhas no abastecimento
[V] Avarias	dAA13a/b	Avarias em condutas
[C] Consumo	dAA16a / dAA15b	Água faturada/Consumo autorizado
[P] Perdas	dAA18a/b	Perdas reais
[E] Extensão da rede	dAA30a/b	Comprimento total de condutas
[M] Reabilitação	dAA32a/b	Condutas com idade superior a 10 anos reabilitadas nos últimos 5 anos
[R] Ramais	dAA33b	Ramais de ligação
[G] Gastos totais	dAA51a/b	Gastos totais

4.2.2. Variáveis de *input* – [G], [P] e [V]

Devido à própria essência da DEA como ferramenta de programação linear, o *input* é tendencialmente entendido como um atributo mensurável cuja necessidade ou ocorrência se quer ver reduzida e não tanto como um recurso do processo produtivo em causa. Este facto fica bem patente no enfoque da redução de recursos, onde as variáveis de *input* são minimizadas. A DEA favorece as entidades gestoras que, face aos níveis de *output*, apresentem, em termos relativos, menores níveis de *input*, ou seja, por exemplo no caso dos SAS: gastos que sejam tão contidos quanto possível.

Gastos totais

Os gastos totais [G] querem-se, de facto, tão reduzidos quanto possível, porquanto isso seja sinónimo de uma melhor gestão por parte da DMU. Logo, esta variável é considerada um *input*.

Perdas

Apesar de não ser um recurso típico do processo de abastecimento de água, as perdas [P] devem também ser tão reduzidas quanto possível, já que a água alienada pelos sistemas consiste numa perda financeira. De um outro ponto de vista, constata-se que a aniquilação das perdas é utópica e que nestes sistemas existem sempre falhas de estanqueidade quer nas condutas, quer em outros componentes. De facto, pode considerar-se que existe um nível a partir do qual a redução do volume de perdas é indesejada por não compensar os custos das intervenções manutenção ou reabilitação. Por conseguinte, admitindo que elas são uma realidade operacional

incontornável e que devem ser geridas atentamente, as perdas podem ser vistas como um “ingrediente” que não pode ser dispensado ou como um *input* que se tenta, obviamente, reduzir até um nível satisfatório.

Falhas e Avarias

De acordo com LNEC e ERSAR [2013a], tal como o volume de perdas reais, o número de avarias traduz o estado de conservação das infraestruturas e, quando elevado, evidencia a falta de fiabilidade do sistema em questão. Casos extremos de insuficiência de operações de manutenção da rede e falta de controlo e registo da ocorrência destes fenómenos podem resultar em falhas parciais ou totais (colapso) dos sistemas, obrigando a interrupções ou descontinuidades no fornecimento de água. Analogamente ao que foi argumentado para as perdas, as falhas [F] e as avarias [V] são indissociáveis da atividade das EGs dos SAS, já que a operação destes serviços está sempre sujeita à ocorrência de falhas no abastecimento ou avarias em condutas. Embora sejam resultado do processo de distribuição de água, estas variáveis querem-se, também, tão reduzidas quanto possível, pelo que podem ser consideradas como *inputs*. Contudo, enquanto ter um volume de perdas de água nulo é inverosímil, ter um registo sem falhas ou sem avarias já não. De facto, de acordo com a *Tabela 4.3*, aproximadamente metade das empresas em alta e um quarto das empresas em baixa apresentam um registo de falhas limpo. Estas ocorrências são positivas para a qualidade do serviço, mas a aplicação da DEA a estes casos é impossível, já que o modelo se torna incapaz de convergir devido à eficiência de valor teoricamente *infinito* das DMUs com *input* igual a zero. No caso das avarias, existem apenas 4 DMUs em baixa (num total de 260 possíveis) com um registo nulo, pelo que a avaliação pode ser feita desde que essas 4 DMUs sejam consideradas *a priori* como Pareto-eficientes e os seus níveis não entrem para a construção do PPS. Estas razões levam a que a variável [V] relativa ao número de avarias em condutas¹¹ seja mantida. Pelo contrário, as falhas [F] devem ser aqui afastadas da análise por haver demasiadas DMUs com valores nulos, o que desde logo coíbe a função comparativa da DEA.

Tabela 4.3 - Quantificação da ocorrência de zeros nas potenciais variáveis de *input*.

Sistemas	Universo de EGS	[G] Gastos totais	[P] Perdas	[F] Falhas	[V] Avarias	[M] Reabilitação
Alta	15	-	-	7	-	4
Baixa	260	-	-	68	4	76

¹¹ Segundo LNEC e ERSAR [2013b, «ANEXO 7. TERMINOLOGIA», p. 223], toma-se como avaria um «[e]vento detetado numa conduta de adução e/ou distribuição que necessite de medidas de reparação/renovação». Devem incluir-se não só avarias em tubagens, mas também defeitos em válvulas ou acessórios causados por razões como: seleção inadequada, defeitos de fabrico nos materiais, deficiências construtivas ou de operação, degradação, danos mecânicos provocados por terceiros, ou até movimentos do solo de origens várias. No mesmo guia, lê-se ainda que «... avarias que ocorram na junta entre a conduta e o ramal devem ser contabilizadas como avarias em condutas se implicarem interrupção do seu funcionamento e como avarias de ramal nas restantes situações.», acrescentando-se que «[r]eparações de condutas decorrentes do controlo ativo de fugas não devem ser contabilizadas nas avarias em condutas.».

Reabilitação

A extensão de condutas com idade superior a 10 anos reabilitadas nos últimos 5 anos [M] transmite uma noção das necessidades de reabilitação das infraestruturas das DMU. Ainda que tenham o propósito positivo de requalificar a rede, estas intervenções de engenharia civil têm custos muito impactantes na gestão dos operadores dos SAS. Do ponto de vista da administração das EGs, volta a ser necessário contrabalançar as necessidades de reabilitação e os respetivos gastos com os custos futuros de não realizar tais intervenções. Numa perspetiva de longo prazo, seja qual for o compromisso encontrado em cada DMU, a reabilitação deseja-se tão menos necessária quanto for possível, porquanto isso permita também reduzir os gastos que lhes estão associados. Deste ponto de vista, a variável [M] deveria ser tomada como *input* para a captura de eficiência das DMUs. No entanto, uma vez que a reabilitação (neste conceito em que apenas contabiliza os quilómetros de condutas com mais de 10 que foram reabilitados) ainda não é uma realidade para muitas das EGs, o que é totalmente justificável enquanto os componentes cumprem devidamente a sua função, ela deve também ser descartada pelo facto de estar, à partida, excluído mais de um quarto das entidades: 4 DMUs em 15 em alta e 76 DMUs em 260 em baixa (*vide Tabela 4.3*).

4.2.3. Variáveis de *output* – [A], [C], [E] e [R]

A escolha dos *outputs* é feita pensando em quais são as variáveis intervenientes na operação das DMUs cuja quantidade se gostaria de ver aumentada. Em cada análise DEA, privilegiam-se as DMUs que, para níveis de *input* constantes, obtenham níveis de *output* mais elevados. Assim, quando as demais variáveis de *output* são também constantes, tem-se que uma DMU é considerada tão mais eficiente pela DEA, quanto maior for o número de alojamentos [A] abastecidos, quanto maior for o volume de água distribuído e consumido [C], quanto maior for extensão da sua rede [E] ou, apenas para os sistemas em baixa, quanto maior o número de ramais de ligação à rede fornecidos.

Tabela 4.4 - Classificação das variáveis como *inputs* ou *outputs*.

Variável	Unidades	Dados	Alta	Baixa
[G] Gastos totais	€/ano	dAA51ab	<i>Input</i>	<i>Input</i>
[P] Perdas	m ³ /ano	dAA18a/b	<i>Input</i>	<i>Input</i>
[V] Avarias	n.º/ano	dAA13b	<i>Input</i>	<i>Input</i>
[A] Alojamentos	n.º	dAA07a/b	<i>Output</i>	<i>Output</i>
[C] Consumo	m ³ /ano	dAA16a/dAA15b	<i>Output</i>	<i>Output</i>
[E] Extensão da rede	km	dAA30a/b	<i>Output</i>	<i>Output</i>
[R] Ramais	n.º	dAA33b	-	<i>Output</i>

A *Tabela 4.4* apresenta a classificação final das variáveis como *input* ou *output* (note-se que os dados relativos ao número de ramais de ligação só existem para as análises em baixa).

4.2.4. Seleção de DMUs

Cada entidade gestora dos serviços de AA é reconhecida pela DEA como DMU, *i.e.*, uma unidade onde as decisões de operação e gestão são tomadas de forma independente. As análises dos sistemas em alta e em baixa foram efetuadas separadamente, já que, além da essência dos serviços ser diferente (captação, tratamento e adução em alta e, grosso modo, apenas abastecimento em abaixa), as condições de operação são distintas no que diz respeito à quantidade e dispersão de ramais (ou pontos de entrega, em alta), às características geométricas das condutas e à redundância da própria infraestrutura (rede em malha nos sistemas em baixa).

Para cada avaliação são selecionadas somente as EGs que responderam de forma *válida* aos dados requisitados pela ERSAR e que são recebidos, aqui, como variáveis. Assim, qualquer ausência de resposta assinalada com «NR» torna a EG não elegível para a análise. De igual modo, quaisquer valores nulos ou do tipo «NA» (“não adequado”) relativos às variáveis [G], [P], [A], [C], [E] e [R] forçam a não seleção da unidade em questão, já que todos estes dados são passíveis de serem respondidos por todas as empresas e porque não é verosímil que as EGs não façam quaisquer gastos, não tenham fugas, ou não tenham qualquer um dos *outputs* mencionados. A *Tabela 4.5* contabiliza as respostas do tipo *zero*, «NR» e «NA» dadas pelas EGs nos inquéritos da ERSAR.

A variável [V] respeitante às avarias só é utilizada no *combo* com *multi-inputs* e *multi-outputs*. Assim, considera-se que a não-resposta ao inquérito de avarias e a presença de zeros não devem levar ao afastamento dessas EGs, já que os dois outros *combos* sairiam prejudicados por ter menos DMUs ao seu dispor (*vide Tabela 4.5*). Em alta, existe apenas uma DMU a beneficiar desta exceção, enquanto em baixa sobe para 18 o número de DMUs que apresentam um único valor “NR” (justamente na variável das avarias), havendo ainda outras 4 unidades com registo de avarias nulo. Por conseguinte, conta-se, em alta, com a participação das 15 EGs que figuram a nível nacional e, em baixa, apenas com 206 das 260 EGs que compõem o universo nacional.

Tabela 4.5 - Quantificação da ocorrência de zeros e de não-respostas.

Sistemas	Alta			Baixa		
	0	NR	NA	0	NR	NA
Tipo resposta						
[G] Gastos totais	-	-	-	-	14	-
[P] Perdas	-	-	-	-	28	-
[V] Avarias	-	1*	-	4	39*	-
[A] Alojamentos	-	-	-	-	3	-
[C] Consumo	-	-	-	-	14	-
[E] Extensão da rede	-	-	-	-	17	-
[R] Ramais	n.a.	n.a.	n.a.	-	10	-
EGs distintas não elegíveis	0			54		
Número de EGs	15			260		
EGs reconhecidas como DMUs para a DEA	15			206		

*As EGs com NR apenas no inquérito das avarias continuam elegíveis (1 em alta e 18 em baixa).

O facto de se recusarem as EGs que não responderam de forma válida aos questionários da ERSAR acaba por beneficiar a qualidade do estudo. Com efeito, em baixa, as empresas que respondem a todos os requisitos do regulador são aquelas cujos dados apresentam maior fiabilidade, quer pelos aspetos relativos ao seu cálculo ou medição, quer por circunstâncias relativas à sua correta leitura ou possível deturpação. A fiabilidade da informação recolhida em baixa é de 76% no caso das DMUs eleitas contra apenas 47% no caso das EGs não elegíveis para a análise (*vide Tabela 4.6* com os valores da fiabilidade média em baixa e *ANEXO 1* com as bandas de fiabilidade da informação recolhida e as respetivas descrições).

Tabela 4.6 - Fiabilidade média da informação fornecida pelas EGs em baixa para cada uma das variáveis.

Elegibilidade	206 EGs elegíveis		54 EGs não elegíveis	
	0 a 3	%	0 a 3	%
[G] Gastos totais	2,45	82%	1,54	51%
[P] Perdas	1,82	61%	0,78	26%
[V] Avarias	1,92	64%	0,89	30%
[A] Alojamentos	2,90	97%	2,56	85%
[C] Consumo	2,52	84%	1,56	52%
[E] Extensão da rede	2,38	79%	1,33	44%
[R] Ramais	2,06	69%	1,28	43%
Fiabilidade média	2,29	76%	1,42	47%

4.3. Dados introduzidos nos modelos DEA – Níveis iniciais (recolha ERSAR)

O *ANEXO 4* e o *ANEXO 5* fazem o resumo das EGs dos serviços de abastecimento de água que foram selecionadas para esta avaliação DEA, apresentando também o número de DMUs de cada tipologia, a fiabilidade média da informação fornecida por cada DMU e a fiabilidade média dos dados recolhidos (86% em alta e 76% em baixa). No caso das empresas em baixa é ainda identificada a região (CCDR) em que estão integradas.

Tal como referido anteriormente, os dados resultantes do levantamento levado a cabo pela entidade reguladora, publicados no RASARP 2014, foram utilizados para o preenchimento das variáveis de *input* e *output*. Estes resultados constituem os níveis iniciais de cada DMU, sendo responsáveis pela sua prestação nesta análise comparativa do tipo DEA. O *ANEXO 4* apresenta a lista de medições recolhidas pela ERSAR para as 15 DMUs em alta e o *ANEXO 5*, para as 206 entidades em baixa que cumprem as condições de elegibilidade descritas no separador anterior.

4.4. *Combo 1* – Gastos totais

4.4.1. Motivação

Os subcapítulos referentes aos *combos* justificam as escolhas das variáveis de cada análise e apresentam os resultados obtidos, pelo que importa, antes de mais, distinguir o processo que será sujeito a uma avaliação do tipo DEA.

A presente dissertação pretende estudar o uso da análise envoltória de dados como ferramenta regulatória que busca a averiguação das eficiências relativas das EGs, no que concerne ao transporte e entrega de água para consumo humano. Relativamente às companhias em alta, pode, então, dizer-se que está em causa a eficiência do transporte de água feito à custa de redes adutoras de características lineares entre as estações de tratamento e os pontos de entrega. Já nos sistemas em baixa, importa considerar o processo de distribuição de água até aos pontos de consumo, tendo em conta características diferentes da rede de distribuição, nomeadamente, a sua densidade e redundância.

Nas suas edições do RASARP, a ERSAR utiliza várias métricas económico-financeiras para fazer uma caracterização de cada entidade prestadora destes serviços, apresentado também a informação de forma agregada e por *clusters* de atividade. Estes dados permitem uma interpretação mais objetiva, mas não transmitem as idiosincrasias do setor relativas à grande variedade de escalas de atuação e à variabilidade dos ambientes operacionais. A ERSAR apresenta ainda os resultados do indicador AA06, em relação à cobertura dos gastos totais, porém, apesar de este indicador ser particularmente útil para [i] aprofundar o conhecimento sobre a independência financeira das EGs, [ii] averiguar em que medida elas são ou não superavitárias e [iii] conhecer a margem de que dispõem para aplicação de fundos (por exemplo em reabilitação, ou no abaixamento da tarifa), ele não permite comparar entidades com ambiente operacional semelhante, nem tão-pouco, nessas circunstâncias, identificar pares de referência para disseminação das melhores práticas.

Por outro lado, note-se que mesmo num cenário onde o Estado surge como único acionista, devido às falhas de mercado que os SAS apresentam, a regulação ganha uma importância substancial a vários níveis, nomeadamente como entidade promotora da inovação e como instituição designada pelo próprio Estado para garantir a sustentabilidade e a coesão do setor. Nestas condições, independentemente da proveniência pública e/ou privada do capital investido, o controlo dos gastos totais revela-se de importância crucial para a eficiência da gestão das entidades prestadoras dos serviços de abastecimento de água.

A ferramenta proposta – *Data Envelopment Analysis* – possibilita uma forma de comparar a prestação das várias EGs no que respeita à aplicação dos fundos que têm à sua disposição, permitindo descobrir quais as DMUs que com menos *input* de capital dão melhor resposta às solicitações de abastecimento. A análise dos gastos é feita em condições de retornos à escala constantes (CRS) e em condições de retornos à escala variáveis (VRS), sendo também calculada a eficiência de escala de cada unidade relativamente à escala de operação mais produtiva (EOMP).

4.4.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados

Inputs (alta e baixa)

A caracterização do ambiente operacional das DMUs é conseguida à custa da escolha de variáveis que sejam capazes de refletir os vários fatores que influenciam a prestação das EGs e que possam traduzir a sua escala de operação. Assim, em alta e em baixa, de entre os dados pré-selecionados (*vide Tabela 4.4*), escolhe-se para única variável de *input* o nível de gastos totais [G] apresentados por cada DMU.

Outputs em alta

Em alta, a variável [G] Gastos totais está altamente correlacionada com a variável [A] Alojamentos e com a variável [C] Consumo, respetivamente 94% e 96% (*vide ANEXO 2*). Por sua vez, [A] e [C] apresentam uma correlação de 93%, o que indica que a contribuição de ambas as variáveis para a análise é similar, ou que uma delas pode ser preterida em presença da outra. Soma-se ainda que o número de alojamentos não é uma característica passível de afetar a eficiência em alta, já que o transporte se faz por longas distâncias e independentemente da dimensão das populações das zonas atravessadas. Com efeito, a análise da *Tabela 4.7* revela que a introdução da variável [A] Alojamentos não influencia a captura de eficiência, tanto que existe uma solução para o modelo em que os pesos absolutos dessa variável são sempre nulos, enquanto os pesos em [C] e [E] são frequentemente maiores que zero (os pesos virtuais apresentados na tabela resultam da multiplicação dos pesos absolutos que o modelo *value-based* retorna pelos níveis reais observados em cada DMU, estes últimos, não nulos). Em alta, estes argumentos levam ao afastamento da variável relativa número de alojamentos [A].

Tabela 4.7 - Influência da introdução da variável [A] na análise dos Gastos em alta.

DMU	ETI CRS (%)			Pesos virtuais para a combinação [G]-[A][C][E]			
	[G]-[C][E]	[G]-[A][C][E]	Δ Ef.	V _[G]	U _[A]	U _[C]	U _[E]
EGa01	30,75	30,75	0	1,000	-	0,304	-
EGa02	43,95	43,95	0	0,995	-	-	0,440
EGa03	44,50	44,50	0	0,948	-	0,638	-
EGa04	53,84	53,84	0	1,047	-	-	0,538
EGa05	30,62	30,62	0	0,998	-	-	0,306
EGa06	51,49	51,49	0	0,857	-	1,001	-
EGa07	44,62	44,62	0	1,016	-	0,457	-
EGa08	30,15	30,15	0	1,034	-	0,354	-
EGa09	45,19	45,19	0	0,977	-	-	0,452
EGa10	24,47	24,47	0	0,932	-	0,259	-
EGa11	65,62	65,62	0	1,000	-	0,672	-
EGa12	65,77	65,77	0	1,003	-	-	0,658
EGa13	42,97	42,97	0	0,939	-	-	0,430
EGa14	63,15	63,15	0	0,722	-	-	-
EGa15	100,00	100,00	0	0,999	-	0,988	-

Por seu lado, a variável [E] Extensão da rede deve ser incorporada, já que, para uma determinada extensão da rede, as DMUs são tão mais eficientes quanto menor o seu nível de gastos e quanto maior o número de alojamentos que consigam servir. A extensão da rede também contribui para a caracterização das EGs, permitindo à DEA diferenciar o ambiente operacional das DMUs. De facto, o rácio entre [C] e [E] transmite uma noção de “densidade de consumo” (ou de consumo por unidade desenvolvimento da infraestrutura) que é tida em conta na obtenção das unidades de emulação para cada DMU não-eficiente.

Outputs em baixa

Em baixa, as correlações registadas demonstram uma forte relação entre [G] e as variáveis [A] e [C] (96% e 94%, respetivamente), sendo que desta vez a correlação entre estas duas últimas variáveis continua elevada (89%) mas não tão expressiva como em alta (consultar correlações no *ANEXO 2*). Por seu turno, as variáveis [E] Extensão de rede e [R] Ramais, apesar de altamente correlacionadas (93%), fornecem à análise noções claramente distintas acerca do ambiente em que operam as EGs. Ora, se por um lado a extensão da rede permite a incorporação de densidades de consumo e de alojamentos, o número de ramais, quando combinado com o número de alojamentos e com a extensão, permite ainda a composição dos rácios de número de alojamentos por ramal (que transmite uma noção da construção em altura, sendo mais elevado em zonas urbanas) e do número de ramais por cada quilómetro de condutas (este último, tendencialmente menor em zonas rurais).

Qualquer uma das variáveis de *output* é, pois, capaz de contribuir para este *combo* de forma independente, sendo possível atribuir a cada uma delas um significado físico. Não obstante, devem ser examinadas as variações dos resultados de eficiência quando elas são separadamente retiradas da análise. Para tal, observe-se o *ANEXO 6* onde são comparadas as alterações nos *rankings* de eficiência quando diferentes variáveis de *output* são retiradas à combinação base «[G]-[A][C][E][R]». As alterações no *ranking* provocadas pela ausência de uma determinada variável referem-se a subidas no *ranking* quando a variação é positiva (*i.e.*, no sentido da 1ª posição) e a descidas quando a variação é negativa (*i.e.*, no sentido da 206ª posição). A amplitude das variações surge realçada através de uma gradação de tons cinza, onde às maiores variações em módulo se atribuem tons mais escuros. Visualmente, é notório que a variável que ao ser retirada provoca maior impacto no *ranking* é a variável [C] Consumo, sendo que tanto a remoção de [E] como a remoção de [R] causam alterações também apreciáveis. Por seu lado, a variável menos impactante é a [A] Alojamentos, no entanto, os resultados do *Combo 1* em baixa indicam que a obtenção de eficiência com retornos à escala constantes recorre a todas as variáveis de forma bastante consistente, já que todas apresentam frequentemente pesos não nulos. Este último facto revela que todas as variáveis influenciam a captura de eficiência técnica de *input* e reforça a pertinência da manutenção do número de alojamentos na análise dos gastos totais em baixa.

Num estudo análogo realizado por THANASSOULIS [2000a e 2000b] às empresas fornecedoras de água no Reino Unido, a escolha de variáveis para a captura de eficiência dos gastos operacionais recai numa única variável *input*: «OPEX», referente aos gastos operacionais, e em três variáveis de *output*: «PROPERTIES», «LENGTH» e

«WDELA», respetivamente relativas ao número de propriedades (ou alojamentos), ao comprimento de condutas e ao volume de água fornecido. Não obstante a similaridade das escolhas, são de referir duas *nuances* em relação à presente dissertação. Em primeiro lugar, THANASSOULIS [2000a e 2000b] detém informação relativa aos volumes de água distribuídos a clientes do tipo «*household*», podendo ou não somar-lhes um volume distribuído remanescente, que diz respeito a consumos substancialmente maiores de clientes do tipo «*business*». Perante tal cenário, embora o propósito da avaliação DEA seja dirigido à eficiência dos gastos operacionais, o autor opta por não dar continuidade à separação dos volumes distribuídos, argumentando que essa separação pouco afeta a análise. Este facto acaba por estar alinhado com a natureza dos níveis de [C], que tão-pouco fazem distinção entre esses dois fins. Em segundo lugar, não tem à sua disposição o número de ramais, pelo que essa variável não entra na avaliação às companhias britânicas.

Em conclusão, tendo em conta as variações no *ranking* obtidas no ANEXO 6 e o estudo análogo efetuado por THANASSOULIS [2000a e 2000b], considera-se [i] que, tal como na análise efetuada às companhias britânicas, as variáveis [A], [C] e [E] devem permanecer na presente análise DEA aos SAS em Portugal e [ii] que o mesmo deve ser enriquecido com a variável [R] relativa ao número de ramais, uma vez que este atributo pode ajudar a distinguir diferentes ambientes operacionais, sem que com isso se perca capacidade interpretativa (o número de DMUs disponíveis suporta a sua introdução).¹²

Síntese da escolha de variáveis e apresentação de resultados

As variáveis finais do *Combo 1* relativo aos Gastos totais são as que se apresentam na *Tabela 4.8*. A título de exemplo, disponibilizam-se os resultados fornecidos pela DEA para a análise em alta para condições de retornos à escala constantes e variáveis (ANEXO 7, ANEXO 8 e ANEXO 9).

Tabela 4.8 - Variáveis finais do *Combo 1* (alta e baixa).

Combo 1 - Gastos totais		
Variáveis	Alta	Baixa
[G] Gastos totais	✓	✓
Inputs		
[P] Perdas	X	X
[V] Avarias	X	X
Outputs		
[A] Alojamentos	X	✓
[C] Consumo	✓	✓
[E] Extensão da rede	✓	✓
[R] Ramais	<i>n.a.</i>	✓

¹² De notar que, tal como exposto em *A escolha de variáveis – fundamentos gerais*, a relação entre o número de DMUs e o número de variáveis deve ser a maior possível.

4.4.3. Análise CRS

Análise dos sistemas em alta

Em condições de retornos à escala constantes (CRS), a unidade de referência encontrada em alta é a ICOVI e opera numa Área Predominantemente Rural (APR). Segundo a DEA, em condições de CRS, esta é a única DMU Pareto-eficiente do universo das entidades em alta, sendo que os pesos virtuais calculados sugerem que a captura de eficiência desta unidade se fica a dever ao rácio extremamente baixo entre os gastos totais [G] e o volume de água consumido [C] (a DMU EGa15 ICOVI apresenta um peso virtual nulo para a variável [E] Extensão de rede). A DEA mostra, assim, que as condições operacionais registadas pela ICOVI são as mais eficientes dentro do PPS, indicando às restantes EGs consideradas ineficientes quais os rácios operacionais mais produtivos para que elas possam adotar políticas de gestão no sentido de convergir para tais valores. Para isso, a DEA retorna valores-alvo para cada uma das DMUs em cada uma das suas variáveis em análise - *i.e.*, os valores de gastos, consumo e extensão de rede *ótimos* – e, ainda, as variações implícitas face à situação atual.

Para um melhor escrutínio dos resultados apresentados, o *ANEXO 10* apresenta a prestação da DMU EGa15 ICOVI nos indicadores da ERSAR, sendo que as cores de fundo verde, amarelo e vermelho representam, respetivamente, as classificações de «Bom», «Mediano» e «Insatisfatório» adotadas pela entidade reguladora. Pode aí observar-se que a ICOVI apresenta uma cobertura dos gastos totais que, segundo a ERSAR, peca por ser demasiado elevada, uma vez que ultrapassa o intervalo recomendado para esse rácio de [1,0; 1,1]. Dos demais indicadores, não existe nenhuma situação insatisfatória diretamente relacionada com a qualidade do serviço prestado, no entanto, é de assinalar o nível insatisfatório da ocorrência de avarias que, não sendo controlado, pode evoluir negativamente no futuro. Não havendo dados sobre as necessidades reais de reabilitação de condutas - que no caso de uma empresa recente são praticamente nulas – considera-se que este indicador não deve impactar a análise.

Ainda no patamar teórico, e num contexto de análise em que se rejeitam retornos à escala variáveis, regista-se que a envolvente de eficiência imposta pelos níveis operacionais da ICOVI (super-eficiência de 221%) faz com que a “segunda DMU mais eficiente”, as Águas do Zêzere e Coa, com ETI de 66%, tenha que reduzir os seus gastos em 34% para que se torne também Pareto-eficiente). O caso mais radical é o da EG Águas do Oeste (ETI de 24%), em que tal redução deve ser da ordem dos 76%. A DEA retorna ainda valores-alvo para os *outputs*. Tais valores podem ser interpretados como os níveis de consumo e de extensão com que a EG poderia operar de acordo com os seus gastos, caso fosse Pareto-eficiente. No entanto, tais modificações são inverosímeis por não ser plausível conjecturar incrementos de consumo ou de extensão de rede, já que este é um bem de primeira necessidade (não sujeito às leis da oferta-procura) e que recorre a infraestruturas cuja dimensão não é passível de ser alterada sem razões de fundo estratégicas para as regiões onde se inserem.

Resta, portanto, averiguar até que ponto a unidade Pareto-eficiente serve realmente como referência para o restante universo das companhias adutoras em alta. De facto, embora seja considerada a mais eficiente por parte

da DEA, a EG ICOVI apresenta o segundo menor registo para a variável [C] Consumo e, também, o segundo menor para a variável [E] Extensão de rede (*vide ANEXO 4*). Como ferramenta de análise de dados, e para os registos apresentados pelas EGs, a DEA assinala que esta é a escala de operação mais produtiva. Porém, não sendo viável a redução das dimensões de operação dos serviços de abastecimento de água em alta, a análise pode tornar-se mais realista se esta unidade for excluída à partida, devido à sua desadequação como *benchmark peer*. Por último, esta questão remete, ainda, para validade dos retornos à escala serem constantes, sobretudo em análises em que a alteração das escalas de operação é absolutamente inviável, seja por razões tecnológicas, políticas, ou outras.

Em condições de CRS, dada a super-eficiência da unidade de referência encontrada e o facto de os seus níveis de *output* se afastarem tanto da média verificada no setor, é talvez desadequado considerar esta DMU como unidade de referência. O seu afastamento do universo das DMUs sob análise permitiria encontrar valores-alvo menos exigentes para as demais EGs, no entanto, uma outra opção seria, por exemplo, afetar os valores-alvo obtidos com um coeficiente que torne o nível de gastos *ótimo* num valor atingível para as restantes EGs. Tais opções devem ser consideradas tendo em conta o uso que se pretenda dar a esta ferramenta e o seu possível peso como mecanismo de regulação.

Análise dos sistemas em baixa

Em condições de CRS, as unidades de referência encontradas em baixa são a CM de Alcochete, a CM de Castro Daire, a CM de Moita e a CM de Ponte da Barca, operando, respetivamente, em áreas classificadas como AMU, APR, APU e APR (ver *Tabela 4.10*). Note-se que o facto de as DMUs Pareto-eficientes serem de áreas com diferentes classificações é algo positivo, ficando evidente que foram encontradas unidades de referência para ambientes operacionais distintos, de acordo as classificações adotadas pelo regulador. Regista-se, no entanto, que todas as DMUs Pareto-eficientes se localizam na região Centro e Lisboa e Vale do Tejo (CLVT) à exceção de uma que se localiza na região Norte (N). A *Tabela 4.10* mostra ainda que a captura de eficiência das DMUs Pareto-eficientes retorna pesos virtuais distribuídos sempre por três das suas quatro variáveis de *output*, o que reforça a sua consistência como unidades de referências para o restante universo.

Tal como em alta, foram recolhidos para as unidades Pareto-eficientes os desempenhos e as respetivas classificações nos indicadores preconizados pela entidade reguladora (*vide ANEXO 11*).

Em relação à CM de Alcochete, destaca-se pela negativa [i] a excessiva cobertura dos gastos totais, [ii] a não-resposta a indicadores relevantes para qualidade do serviço prestado aos utilizadores (como a acessibilidade física do serviço e a ocorrência de falhas) e, ainda, [iii] a classificação insatisfatória na resposta a reclamações e sugestões. Ainda que a DMU possa ser uma referência em termos do volume de gastos, o seu desempenho nos outros indicadores do regulador desaconselham a sua promoção a unidade de referência no setor.

A CM de Castro de Daire apresenta uma situação paradoxal no que diz respeito aos seus gastos totais. Apesar de ser a DMU com a super-eficiência mais elevada (176%), esta EG apenas consegue cobrir 60% dos seus gastos totais. Este resultado pode ser melhorado pelo lado dos ganhos, por via do aumento da tarifa ou da adesão

ao serviço, ou com uma diminuição ainda maior dos seus gastos, o que parece desapropriado face ao nível de eficiência obtido através da DEA.

A CM da Moita, no que concerne à qualidade do serviço prestado, tem apenas a registar uma adesão ao serviço insatisfatória, mas que ainda assim permite uma cobertura dos gastos de 190%.

Por fim, apesar de ser 100% eficiente em relação aos gastos totais, a CM de Ponte da Barca, apresenta uma cobertura de gastos de apenas 60% e a adesão ao serviço mais reduzida entre as restantes unidades de referência. Como outros pontos negativos, esta entidade tem uma acessibilidade ao serviço apenas mediana, apresenta um valor também mediano no indicador de água segura e não responde a reclamações e sugestões, obtendo aí uma classificação naturalmente insatisfatória.

A *Tabela 4.11* tem como objetivo corroborar a escolha das unidades de referência no que diz respeito aos ambientes operacionais. Para tal, *de entre as unidades ineficientes* (ETI inferior a 100%), foram escolhidas as 5 DMUs mais eficientes e as 5 DMUs mais ineficientes para análise dos seus pares de referência de acordo com as suas características em relação à Tipologia e à região em que se inserem (CCDR – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional). De entre as unidades ineficientes presentes na *Tabela 4.11*, apenas a EGb175 (AMU) não encontra um par de referência dentro da sua tipologia. Isto deve-se à composição do seu *mix* de *inputs* e *outputs* comparativamente ao *mix* das DMUs Pareto-eficientes, já que esta DMU apenas encontra os seus valores de referência à custa de uma combinação entre uma DMU de tipologia APU e outra de tipologia APR, respetivamente, a EGb099 e a EGb123. Não obstante, fazendo o mapeamento entre as tipologias das EGs apresentadas no *ANEXO 5* e os resultados obtidos, é possível ver como várias DMUs com tipologia AMU têm a DMU Pareto-eficiente EGb035 como referência. A *Tabela 4.9* apresenta as taxas de sucesso na obtenção de pares de referência para cada uma das tipologias.

Tabela 4.9 - Taxa de sucesso na obtenção de pares de referência dentro da Tipologia.

Tipologia	Descrição	Total	Núm. de DMUs com par de referência dentro da sua tipologia	Taxa de sucesso
APU	Área Predominantemente Urbana	21	20	95%
AMU	Área Mediamente Urbana	59	34	58%
APR	Área Predominantemente Rural	126	124	98%

A observação da *Tabela 4.10* permite ainda criticar os resultados obtidos quanto aos valores-alvo sugeridos pela DEA para os gastos totais das companhias em baixa. Observe-se aí que a gama de redução de custos “imposta” ao universo de unidades avaliadas é no mínimo de 10% (CM de Melgaço). No caso das DMUs menos eficientes, a redução de gastos preconizada atinge valores superiores a 80% (!). Apesar de este ser o extremo da análise, mesmo os valores alcançados para as DMUs com eficiência elevada indicam reduções já substanciais nos gastos das empresas distribuidoras de água, por exemplo: a EGb181 INOVA com ETI de 84% e uma redução de 16% dos da variável [G]. Sem dúvida, a exigência dos valores-alvo faz com seja exigida alguma parcimónia na utilização e/ou publicação dos mesmos, porém, não deixa de ser útil averiguar por que razões algumas companhias se

apresentam de tal forma ineficientes, ou até, por que razão elas assim o parecem quando expostas à presente ferramenta.

Tabela 4.10 - Pesos virtuais, Tipologia e CDR das unidades de referência do *Combo 1b*.

DMU	Descrição	Pesos virtuais CRS					Tipologia	CCDR
		V _[G]	U _[A]	U _[C]	U _[E]	U _[R]		
EGb035	CM de Alcochete	1,000	-	0,813	0,079	0,110	AMU	CLVT
EGb062	CM de Castro Daire	1,002	0,514	0,030	0,454	-	APR	CLVT
EGb099	CM de Moita	0,994	-	0,819	0,078	0,118	APU	CLVT
EGb123	CM de Ponte da Barca	0,999	0,697	0,064	0,241	-	APR	N

A questão levantada pode prender-se, em alguns casos, com a escala de atuação das EGs, sendo visível que as 5 DMUs mais eficientes da *Tabela 4.11* se encontram, em média, num percentil de gastos claramente inferior ao das 5 DMUs menos eficientes. Porém, nos casos em que a eficiência de escala é alta, a baixa ineficiência da EG deixa de ser atribuível à sua escala de operação, já que em condições VRS a sua prestação é identicamente fraca. Nestes últimos casos, em que mesmo em condições VRS a eficiência é anormalmente baixa, as EGs têm do seu lado um último argumento. O modelo imposto pela DEA pode não estar adequado ao ecossistema em causa, seja devido às suas limitações como modelo de análise linear, seja porque a escolha de variáveis não tenha sido suficientemente exaustiva ou não contemple fatores exógenos à gestão das DMUs, no sentido em que fatores altamente impactantes nos resultados das EGs podem não estar a ser tidos em conta. Nestas circunstâncias, resta saber que novas variáveis devem ser recolhidas pela entidade reguladora para aprimorar a captura de eficiência das unidades do setor.

À exceção da DMU Pareto-eficiente EGb062 (com uma super-eficiência de 176%), os pares de referência encontrados em baixa não apresentam valores de super-eficiência excessivos. Contudo, tal como em alta, os valores-alvo apresentados não deixam de ser consideravelmente exigentes para o setor, pelo que, dependendo do uso futuro desta ferramenta, poderiam ser consideradas as opções de retirar a DMU EGb062 com super-eficiência demasiado elevada ou adotar coeficientes de minoração para os valores-alvo.

4.4.1. Análise VRS

A identificação da escala de produção mais produtiva (EOMP) tem por base a possibilidade de retornos à escala variáveis. Por sua vez, assumir ou não retornos à escala variáveis tem que ver com a hipótese de que as DMUs em análise operam em condições tais que a escala dos níveis operacionais que apresentam influencia a sua performance comparativa. No caso das empresas de transporte e distribuição de água esta é de facto uma discussão em aberto que, segundo THANASSOULIS [2000a e 2000b], visa os aspetos que se passam a enunciar. Em primeiro lugar, permitir retornos à escala variáveis introduz alguma justiça na comparação das eficiências das DMUs, na medida em que muitas destas companhias herdaram infraestruturas e áreas de abastecimento cuja

dimensão não está ao seu alcance alterar. Em segundo lugar, e contrapondo o ponto anterior, a eficiência deste setor como um todo passa também por corrigir ineficiências que se podem dever a escalas de operação desapropriadas, *i.e.*, infraestruturas ou áreas de fornecimento cuja dimensão impede os responsáveis de gestão de obter maior produtividade. Resta, por isso, perguntar até quando se deve permitir que as ineficiências devido a efeitos de escala de operação continuem a ser ignoradas e os seus custos transportados para o contribuinte e/ou para o utilizador-pagador.

O *ANEXO 10* e o *ANEXO 11* (já utilizados para consulta do desempenho nos indicadores ERSAR) fazem o resumo das unidades DEA-eficientes nos contextos CRS e VRS, respetivamente, para os sistemas em alta e baixa. Encostadas ao lado esquerdo das tabelas, encontram-se assinaladas a negrito as unidades de referência obtidas em condições de CRS, vindo de seguida (já não a negrito) as restantes unidades que só em condições de retornos à escala variáveis puderam ser consideradas eficientes. Além da prestação nos indicadores ERSAR, os referidos anexos exibem a Tipologia de cada DMU, as eficiências técnicas de *input* (ETI) em CRS e VRS, a super-eficiência (em CRS), a eficiência de escala, o tipo de retornos à escala (RTS) encontrado em cada DMU e a frequência com que cada uma delas é utilizada como par de referência.

Análise dos sistemas em alta

Em condições de retornos à escala variáveis, a DEA retorna 3 DMUs eficientes em alta, onde está, naturalmente, incluída a DMU Pareto-eficiente ICOVI (*ANEXO 10*). Os resultados apresentados no *ANEXO 7* mostram que nenhuma DMU em alta opera em condições de IRS (retornos à escala crescentes, do inglês *increasing returns to scale*), o que significa que, segundo a DEA, as EGs em alta operam ou na escala mais produtiva ou numa escala superior, isto é, em situação de deseconomia de escala (DRS, do inglês *decreasing returns to scale*). Esta situação é provocada pelo facto de a DMU Pareto-eficiente operar numa escala inferior, mas com maior produtividade, indicando que os seus pares poderiam beneficiar se reduzissem a sua escala de operação.

Tal como discutido anteriormente, a alteração das escalas de operação é dificilmente exequível ou mesmo irrealizável. Por conseguinte, dependendo, mais uma vez, da forma como a DEA seja utilizada na regulação dos SAS, pode optar-se por admitir DMUs que operam em escalas que não sejam as mais produtivas como referências para outras unidades. Se, por um lado, no caso concreto da presente análise, esta decisão tem a vantagem de tornar os valores-alvo menos exigentes (consultar *Tabela 4.12*), por outro, a utilização destas EGs perpetua a não convergência das empresas do setor para as escalas de operação que se apresentam como mais produtivas.

Tabela 4.11 - ETI, valores-alvo para a variável [G] e *benchmark peers* para as DMUs não eficientes nos extremos da análise (5 mais ineficientes e 5 menos ineficientes).

DMU	Descrição	ETI	$\Delta[G]$		P[G] *	Tip	CCDR	λ			
								EGb035	EGb062	EGb099	EGb123
								P[G]=17%	P[G]=21%	P[G]=51%	P[G]=3%
		(%)	(€)	(%)			AMU - CLVT	APR - CLVT	APU - CLVT	APR - N	
EGb091	CM de Melgaço	89,95	- 25 101	- 10	3	APR	N	-	0,160	0,040	0,270
EGb041	CM de Alter do Chão	88,32	- 19 747	- 12	1	APR	AA	-	-	-	0,590
EGb135	CM S ^a . Marta Penaguião	87,63	- 30 230	- 12	2	APR	N	-	-	0,020	0,720
EGb165	CM de Vinhais	85,29	- 65 881	- 15	12	APR	N	0,080	0,010	-	1,310
EGb181	INOVA	84,22	- 267 878	- 16	59	APR	CLVT	1,300	0,010	-	2,890
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
EGb050	CM de Avis	20,53	- 539 410	- 79	25	APR	AA	-	-	0,020	0,460
EGb176	Indaqua Vila do Conde	19,26	-6 881 807	- 81	92	APU	N	-	-	0,640	3,020
EGb088	CM de Manteigas	16,56	- 704 662	- 83	32	APR	CLVT	-	-	0,020	0,440
EGb175	Indaqua S ^o . Tirso/Trofa	15,78	-7 134 840	- 84	92	AMU	N	-	-	0,200	4,200
EGb096	CM de Mirandela	14,34	-4 760 327	- 86	83	APR	N	0,510	0,110	-	1,820

* P[G] - Percentil do nível de gastos.

Tabela 4.12 - Comparação dos gastos preconizados para o setor em alta nos contextos de CRS e VRS.

	CRS	VRS	Δ CRS -> VRS	
			(€)	(%)
Σ Gastos totais atuais	288 737 989 €	288 737 989 €	-	-
Σ Gastos totais ótimos	140 824 180 €	232 069 938 €	91 245 758 €	65%
Σ Variação de gastos preconizada	-147 913 809 €	-56 668 051 €	91 245 758 €	-62%
Variação média de gastos (15 DMUs)	- 718 028 €	- 275 088 €	442 941 €	-62%
% Redução de gastos	51%	20%		

Análise dos sistemas em baixa

Em condições de retornos à escala variáveis, a DEA retorna 16 DMUs eficientes em baixa, isto é, 12 além das anteriores 4 DMUs Pareto-eficientes (*ANEXO 11*).

Os resultados da eficiência em baixa em condições de VRS revelam que é possível encontrar várias DMUs em situação de economia e deseconomia de escala, sendo possível averiguar quando é que a DEA sugere que uma determinada DMU deve aumentar ou reduzir a sua escala de operação (respetivamente, IRS ou DRS). Uma vez que este problema é particularmente notório na análise dos sistemas em baixa, deve ser feito um último apontamento no que diz respeito à falta de eficiência de escala de algumas unidades consideradas eficientes em condições de VRS. Note-se que a eficiência de escala (EEI) é encontrada pela divisão das eficiências CRS e VRS, sendo tão maior quanto mais próximos se encontrem estes valores. A eficiência de escala dá conta, portanto, da desadequação da escala com que a DMU atua no setor e é tão maior quanto mais proveitosa - *i.e.*, produtiva - for essa escala de atuação, independentemente dos valores das eficiências serem altos ou baixos. No caso particular da busca de *unidades de referência*, a última afirmação traduz-se no facto de ser recorrente encontrar unidades 100% eficientes em condições de VRS tão afastadas da escala mais produtiva que, devido à inexistência de mais DMUs com um *mix* de atributos semelhante, acabam por servir de referência para muito poucas ou mesmo nenhuma DMU, não fazendo jus à sua própria qualidade de unidade de *benchmark*. Como exemplo, têm-se a EGb005 Águas da Região de Aveiro, a EGb124 CM de Ponte de Lima e a EGb193 SMAS de Leiria que servem de referência para, respetivamente: 5, 5 e 1 DMUs.

Em conclusão, a única forma de ultrapassar as desigualdades de escala e uniformizar o setor passaria por um exercício altamente complexo - quer por razões técnicas, quer por razões políticas e administrativas - de conjectura de fusões e cisões no setor. Até lá, a escolha entre adotar retornos à escala constantes ou variáveis deve, uma vez mais, depender do objetivo da ferramenta dentro do contexto regulatório. A título de exemplo, caso a ferramenta seja utilizada na fixação de preços para um determinado período regulatório, o impacto dos resultados, sobretudo no que diz respeito aos valores-alvo, é completamente diferente de uma simples utilização da DEA para obtenção de um *ranking* de eficiência. Não obstante toda a discussão acerca da natureza dos retornos à escala, deve por último referir-se que em qualquer dos cenários as reduções de custos preconizadas são sempre muito exigentes para o setor (consultar *Tabela 4.13*).

Tabela 4.13 - Comparação dos gastos preconizados para o setor em baixa nos contextos de CRS e VRS.

	CRS	VRS	Δ CRS -> VRS	
			(€)	(%)
Σ Gastos totais atuais	747 744 316 €	747 744 316 €	-	-
Σ Gastos totais ótimos	262 985 905 €	482 771 106 €	219 785 201 €	84%
Σ Variação de gastos preconizada	-484 758 411 €	-264 973 210 €	219 785 201 €	-45%
Variação média de gastos (206 DMUs)	-2 353 196 €	-1 286 278 €	1 066 918 €	-45%
% Redução de gastos	65%	35%		

4.5. Combo 2 - Perdas Reais

4.5.1. Motivação

O Combo 2 diz respeito à eficiência relacionada com as perdas de água, procurando apurar quais as companhias que conseguem operar com o menor desperdício de água já tratada e pronta para o abastecimento das populações. A ERSAR possui um indicador de *perdas reais*¹³ para os sistemas em alta e em baixa que consiste, no primeiro caso, na quantificação do volume de perdas por quilómetro de condutas (indicador «AA13a» em $[m^3/(km.dia)]$) e, no segundo, na quantificação do volume de perdas por quilómetro de condutas ou por ramal, dependendo se a densidade de ramais é, respetivamente, inferior ou superior a 20 ramais/km (indicador «AA13b» em $[m^3/(km.dia)]$ ou $[l/(ramal.dia)]$). Segundo a ERSAR, estes indicadores têm sido algo criticados por algumas EGs, na medida em que não contemplam fatores que traduzam potenciais dificuldades de operação, relativos ao maior número de habitantes que é necessário servir em algumas áreas, e, também, pelo facto de a existência de fugas de água na rede não ter, no curto prazo, uma implicação direta na qualidade do serviço prestado ao utilizador.¹⁴ De facto, no caso concreto das perdas de água, um dos objetivos da utilização da DEA é também trazer alguma justeza na comparação dos volumes de perdas apresentados pelas EGs, fazendo com que sejam contemplados fatores capazes de afetar o seu volume de perdas, possivelmente exógenos à sua gestão. Pretende-se, portanto, não uma análise a um processo industrial típico - que utilize recursos para gerar bens ou serviços - mas antes avaliar a eficiência de um aspeto operacional, no sentido em que se deseja determinar quais as DMUs que conseguem transportar um maior volume de água ou abastecer mais clientes e ramais (este último só para os sistemas em baixa), na maior extensão de rede, perdendo o menor volume de água possível.

4.5.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados

As redes de adução em alta implicam sobretudo o transporte de água por vários quilómetros, sendo que as principais perdas se ficam a dever a roturas e fugas nas condutas adutoras, que, em termos absolutos, são tão maiores quanto maior a pressão no seu interior e a extensão da rede. Já em baixa, segundo ALEGRE *et al.* [2005], além da pressão e extensão da rede, o número de ramais de ligação faz também aumentar o volume de perdas mínimo, sendo estes três os fatores que, de acordo com a IWA, devem estar na génese de um indicador técnico apropriado. Por outro lado, o volume de perdas é excepcionalmente pequeno quando as infraestruturas são

¹³ Os dados recolhidos pela ERSAR dizem respeito às perdas reais (*vide ANEXO 3* retirado de ALEGRE *et al.* [2005]). De toda a água entrada num sistema, toma-se por «Perdas de água» a diferença entre esse total e o «Consumo autorizado»; dentro das «Perdas de água», uma parcela diz respeito às «Perdas aparentes» (devido a usos não autorizados e erros de medição) e o remanescente consiste, finalmente, nas «Perdas reais» (maioritariamente devido a fugas em condutas, fugas e extravasamentos em reservatórios e fugas nos ramais).

¹⁴ Este último argumento pode levar à discussão sobre os impactos que as intervenções de urgência provocadas pela negligência da existência de fugas podem causar na sociedade civil. Como exemplo, tomem-se situações de abatimentos do solo provocados por fenómenos de *piping* (decorrentes da infiltração do volume perdido) ou de interrupções no abastecimento de longa duração provocadas por intervenções tardias em locais onde se agudizaram cenários de evidente perda de água.

recentes e ainda com uma muito apreciável estanqueidade, pelo que seria interessante fazer intervir também a idade média da rede. Não existem, no entanto, dados referentes a essa matéria nem às pressões que as redes de adução das entidades gestoras, por razões topográficas, são obrigadas a suportar.

Inputs (alta e baixa)

Após a breve descrição dos aspetos técnicos relevantes para a modelação das perdas de água e tendo em conta os atributos disponíveis na *Tabela 4.4*, resta seleccionar para única variável de *input*, em alta e em baixa, o nível de perdas reais [P]. Com efeito, cada metro cúbico de água perdido não só constitui um desperdício do bem escasso que é a água, como também consiste numa perda financeira, uma vez que o volume perdido não mais pode ser cobrado.

Outputs em alta

Em alta, uma vez que não existe informação sobre o número de pontos de entrega de cada EG (o que seria análogo à presença dos ramais em baixa), os potenciais *outputs* ficam limitados às variáveis [A] Alojamentos, [C] Consumo e [E] Extensão da rede.

Devido à sua atestada influência no fenómeno físico das perdas de água, a extensão da rede é considerada fundamental para a análise, pelo que é seleccionada como variável de *output*.

O *ANEXO 2* mostra como as variáveis [A] e [C] estão altamente correlacionadas em alta (93%), o que aponta no sentido de uma delas poder ser afastada. Note-se, para o efeito, que enquanto em baixa os rácios [A]/[E] e [C]/[E] podem dar uma noção de densidade habitacional e de densidade de consumo, em alta, devido à maior linearidade da rede, estas interpretações deixam de ser válidas. Por outro lado, a *Tabela 4.14* evidencia como a captura de eficiência é pouco influenciada pela presença da variável [A], já que as variações nos valores da Eficiência Técnica de Input (ETI) são praticamente residuais para os dois cenários em que [A] está ou não presente. Estes resultados são coerentes com o facto de que o número de alojamentos não é um atributo impactante em alta, nem mesmo para obter uma noção de escala das EGs, já que não traduz nenhum aspeto físico do processo de adução de água. Os pesos virtuais mostram, igualmente, que a variável [A] é a que menos é solicitada para a captura de eficiência. De facto, mesmo no caso da EGa11 que poderia aparentemente recorrer ao *output* [A] para obter a sua ETI de 100%, quando a variável [A] é excluída o valor da ETI mantém-se em 100%, o que significa que não é apenas devido ao número de alojamentos que a DMU obtém tal desempenho. Em conclusão, associando estes últimos argumentos à forte correlação entre [A] e [C], opta-se pelo afastamento (expectável) do número de alojamentos desta análise de perdas em alta. Apesar de, em termos físicos, o consumo não estar diretamente relacionado com o fenómeno das perdas de água, a variável [C] é mantida, procurando-se, de certa forma, expor as diferentes escalas de operação.

Tabela 4.14 - Influência da introdução da variável [A] na análise das Perdas em alta.

DMU	ETI CRS (%)			Pesos virtuais* para a combinação [P] - [A][C][E]			
	[P] - [C][E]	[P] - [A][C][E]	Δ Ef.	$V_{[P]}$	$U_{[A]}$	$U_{[C]}$	$U_{[E]}$
EGa01	15,62	15,62	-	1,000	-	0,017	0,139
EGa02	79,77	80,35	0,58	1,000	0,021	-	0,782
EGa03	43,07	43,07	-	1,000	-	0,431	-
EGa04	100,00	100,00	-	1,000	0,018	-	0,982
EGa05	40,48	40,48	-	1,000	-	0,013	0,392
EGa06	28,40	28,40	-	1,000	-	0,284	-
EGa07	15,95	15,95	-	1,000	-	0,160	-
EGa08	100,00	100,00	-	1,000	-	0,043	0,957
EGa09	41,41	41,48	0,07	1,000	0,009	-	0,406
EGa10	30,91	30,91	-	1,000	-	0,035	0,275
EGa11	100,00	100,00	-	1,000	1,000	-	-
EGa12	43,93	43,93	-	1,000	-	-	0,439
EGa13	27,86	27,86	-	1,000	-	0,007	0,271
EGa14	12,86	12,86	-	1,000	-	0,129	-
EGa15	27,42	27,67	0,25	1,000	0,017	-	0,260

*Devido à falta de casas decimais do *software* PIM DEA (máximo de 8), o cálculo dos pesos absolutos aqui efetuado usa os valores de [P] e de [A] multiplicados por 10^{-2} e os de [C] multiplicados por 10^{-4} , evitando-se assim falsos valores não-nulos. Para obtenção dos pesos virtuais, os pesos absolutos foram depois multiplicados pelos respetivos valores das variáveis assim ajustadas. O impacto causado por estes ajustes nos valores da ETI é desprezável.

Outputs em baixa

Em baixa, as correlações apresentadas no ANEXO 2 mostram uma maior correlação da variável [P] com as variáveis [A] e [R] do que com as variáveis [C] ou [E]. Por seu lado, a análise das correlações entre os *outputs* em baixa mostra uma forte correlação entre [A] e [C] (89%) e entre [E] e [R] (93%), indicando que, em cada um dos casos, talvez uma das variáveis pudesse ser dispensada.

Ambas as variáveis [A] e [C] são mantidas na análise dos gastos totais por contribuírem para uma melhor caracterização do ambiente operacional em cada DMU, contudo, nenhuma delas é indicada pelos guias técnicos como sendo interveniente no controlo de perdas. Na avaliação de perdas, a manutenção da variável [C] premeia sobretudo empresas com rácio [C]/[A], [C]/[E] e [C]/[R] elevados, o que equivale a privilegiar as EGs que tenham que abastecer grandes consumidores de água, por exemplo, clientes industriais ou agrícolas. De facto, as alterações no *ranking* entre as análises «[P]-[A][C][E][R]» e «[P]-[A][E][R]», cuja diferença consiste na remoção da variável [C], são muito significativas. É mais uma vez notório que a variável [C] Consumo é a que provoca maiores alterações no *ranking*, o que mostra bem o impacto da decisão em causa. Note-se, ainda, que ao caracterizar o contexto operacional de uma determinada companhia através da sua densidade de alojamentos e da sua densidade de ramais, o facto de o caudal fornecido ser maior ou menor não deve impactar o volume de perdas se a pressão média na rede se mantiver hipoteticamente constante. Por outro lado, a densidade habitacional está relacionada com a construção em altura, o que interfere nas pressões que as EGs são obrigadas a manter nas suas redes de

distribuição. Espera-se, pois, que quanto maior a densidade habitacional, maior as pressões médias na rede, logo, pelo Princípio de Bernoulli, maiores também as perdas de água através de fissuras ou fendas nas infraestruturas. Somando o argumento de que a presença do número de alojamentos contribui para uma melhor caracterização do ambiente operacional, opta-se pela introdução da variável [A] Alojamentos na análise de perdas em baixa em detrimento da variável [C] Consumo.

Embora as variáveis [R] e [E] possuam uma correlação muito elevada, existe uma forte resistência ao abandono de qualquer um destes atributos ao abrigo do exposto por ALEGRE *et al.* [2005], onde se refere que a experiência internacional valida a existência de uma relação entre as perdas e o número e a densidade de ramais. Por este motivo considera-se também que apesar de a correlação entre [A] e [R] ser considerável (85,0%, *vide ANEXO 2*), nenhuma delas deve ser afastada, já que o número de DMUs em avaliação assim o permite e porque, tal como foi visto, a sua presença acrescenta informação pertinente à análise.

Síntese da escolha de variáveis e apresentação de resultados

As variáveis finais do *Combo 2* relativo aos Perdas Reais são as que se apresentam na *Tabela 4.15*.

Tabela 4.15 - Variáveis finais do *Combo 2* (alta e baixa).

Combo 2 – Perdas Reais			
Variáveis		Alta	Baixa
	[G] Gastos totais	X	X
Inputs	[P] Perdas	✓	✓
	[V] Avarias	X	X
	[A] Alojamentos	X	✓
Outputs	[C] Consumo	✓	X
	[E] Extensão da rede	✓	✓
	[R] Ramais	<i>n.a.</i>	✓

4.5.3. Análises CRS

Análise dos sistemas em alta

O quadro apresentado no *ANEXO 12* resume os resultados encontrados neste *combo* relativo às perdas de água em alta. Em condições de retornos à escala constantes são retornadas 3 DMUs Pareto-eficientes: Águas do Centro, Águas do Noroeste e Águas do Vouga, sendo que todas são equilibradamente utilizadas como unidades de referência em alta (respetivamente, 7, 8 e 7 vezes).

Também todas elas obtêm a classificação máxima no indicador de perdas da ERSAR (AA13a), o que, de certa forma, corrobora os resultados obtidos e fortalece estas DMUs como unidades de referência. Este bom desempenho em relação às perdas é conseguido com baixos valores no indicador AA10a, indicando que o estado

de conservação das condutas não obriga a grandes intervenções de reabilitação. Este padrão verifica-se, normalmente, em infraestruturas cujos componentes estão ainda longe do fim da sua vida útil económica.

A super-eficiência de 216% apresentada pela DMU Águas do Vouga faz com que os valores-alvo se tornem, uma vez mais, demasiado exigentes. A *Tabela 4.16* mostra que a redução imposta ao setor em alta pelos valores-alvo é da ordem dos 72%.

Como conclusão, os resultados obtidos servem o propósito de encontrar um *ranking* de eficiência de perdas. Igualmente se comprova que as DMUs identificadas consistem em EGs aparentemente competentes no que diz respeito às perdas. No entanto, os valores-alvo obtidos em condições de CRS exigem ao setor em alta uma redução demasiado exigente dos volumes de água alienados anualmente (ver *Tabela 4.16*). Assim, tendo em conta a super-eficiência de 216% da DMU EGa11 Águas do Vouga (consultar *ANEXO 12*), caso o objetivo da utilização da DEA seja encontrar unidades de *benchmark* e disseminar boas práticas e valores de referência, aconselha-se a que esta unidade seja retirada da análise.

Tabela 4.16 - Comparação dos volumes de perdas preconizados para o setor em alta nos contextos de CRS e VRS.

	CRS	VRS	Δ CRS -> VRS	
	(m ³ /ano)	(m ³ /ano)	(m ³ /ano)	(%)
Σ Perdas reais atuais	18 775 227	18 775 227	-	-
Σ Perdas reais ótimas	5 348 898	16 320 661	10 971 763	205%
Σ Redução de perdas preconizada	-13 426 329	-2 454 566	10 971 763	-82%
Redução média de perdas (15 DMUs)	- 65 176	- 11 915	53 261	-82%
% Redução de perdas	-72%	-13%		

Análise dos sistemas em baixa

A análise CRS em baixa retorna apenas uma DMU Pareto-eficiente: a EGb056 CM de Boticas. Esta unidade serve de referência para o restante universo de 206 DMUs, apresenta um registo de perdas considerado pela ERSAR como bom e opera numa região predominantemente rural (ver quadro-resumo do *ANEXO 13*). Tal como em alta, os valores-alvo obtidos em condições de CRS voltam a impor uma redução do volume de perdas muito exigente, que no caso do setor em baixa é da ordem dos 94% (ver *Tabela 4.17*).

Tabela 4.17 - Comparação dos volumes de perdas preconizados para o setor em baixa nos contextos de CRS e VRS.

	CRS	VRS	Δ CRS -> VRS	
	(m ³ /ano)	(m ³ /ano)	(m ³ /ano)	(%)
Σ Perdas reais atuais	155 288 350	155 288 350	-	-
Σ Perdas reais ótimas	8 903 291	50 667 683	41 764 392	469%
Σ Redução de perdas preconizada	-146 385 059	-104 620 667	41 764 392	-29%
Redução média de perdas (206 DMUs)	- 710 607	- 507 867	202 740	-29%
% Redução de perdas	-94%	-67%		

Como conclusão, regista-se que, também nos sistemas em baixa, a aplicação dos resultados retornados pela DEA em condições CRS ao setor é inconcebível na prática. Contudo, o *ranking* sugerido pela DEA não deixa ter valor comparativo.

4.5.4. Análise VRS

Análise dos sistemas em alta

Em condições de retornos à escala variáveis juntam às 3 unidades Pareto-eficientes 5 novas unidades de referência: as Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, as Águas do Algarve, as Águas do Douro e Paiva, as Águas do Zêzere e Coa e a EPAL (consultar resumo no *ANEXO 12*). Contudo, à exceção das Águas do Algarve que serve de referência para 2 DMUs, nenhuma outra destas DMUs eficientes em VRS constitui um *benchmark peer* para outra unidade em alta. Para além disso, as DMUs EGa06 Águas do Douro e Paiva e EGa14 EPAL apresentam um desempenho insatisfatório no indicador de perdas proposto pelo regulador, pelo que a sua classificação como unidades de referência é claramente desaconselhada. Como consequência, os valores exigidos pela DEA para a redução de perdas em VRS são bastante menos exigentes, resultando numa redução de apenas 13% do volume total de perdas para o setor em baixa (*vide Tabela 4.16*).

Como nota final, os resultados evidenciam que existem vários exemplos de economias e deseconomias de escala em alta. De acordo com o quadro-resumo do *ANEXO 12*, todas as unidades eficientes em condições VRS operam com retornos decrescentes à escala (DRS), o que neste caso relativo às perdas de água significa que, de acordo com a superfície de eficiência gerada pela DEA, escalas de operação mais pequenas beneficiam a eficiência do transporte.

Análise dos sistemas em baixa

No cenário em baixa, a análise DEA das perdas reais em condições de VRS acrescenta 11 DMUs à única unidade eficiente em CRS (ver *ANEXO 13*), sendo que todas operam em condições de retornos à escala decrescentes. De entre as unidades obtidas, as DMUs EGb005 Águas da Região de Aveiro e a EGb170 EPAL destacam-se pela prestação apenas mediana no indicador de perdas da ERSAR, sendo que no caso da DMU EGb005 essa realidade conjuga-se com o facto de os níveis de reabilitação serem considerados apenas como medianos. As demais unidades apresentam níveis de perdas considerados pelo regulador como bons.

A análise em condições de retornos à escala variáveis trouxe um maior número de unidades de referência, cobrindo também todas as tipologias (APU, AMU e APR). Este facto favorece as condições comparativas, porém deve ser tido em conta que a maior parte destas unidades opera numa escala considerada desadequada pela DEA. Esta questão abre caminho para a discussão sobre potenciais variáveis em falta e sobre a validade dos retornos à escala variáveis no que diz respeito ao fenómeno das perdas. Não obstante, a utilização das DMUs eficientes em

condições VRS como referências exige ainda ao setor uma redução no nível de perdas da ordem dos 67%, o que não deixa de ser um valor muito impactante e dificilmente atendível (ver *Tabela 4.17*).

4.6. Combo 3 – Análise *multi-input/multi-output*

4.6.1. Motivação

A análise *multi-input/multi-output* tem como objetivo perceber as limitações da DEA quando utilizada na avaliação de processos que recorram a mais do que um *input* e mais do que um *output* em simultâneo. Deve, desde já, adiantar-se que a utilização de dois *inputs* (ou dois *outputs*) que partilhem as mesmas unidades é naturalmente muito mais intuitiva, por exemplo, a divisão dos Custos totais nos *inputs* Custos de capital e Custos operacionais. Neste exemplo, os valores retornados possuem as mesmas unidades e são passíveis de ser somados e/ou comparados entre si, podendo até dizer-se que se influenciam mutuamente, no sentido em que a gestão das unidades passa por decidir como distribuir os Custos totais por essas duas rúbricas.

No presente caso dos SAS, as variáveis que foram consideradas para *inputs* dizem respeito aos Gastos totais, às Perdas reais e às Avarias em condutas (*vide Tabela 4.4*). Devido à forma como cada um destes atributos é medido, a sua combinação não é tão expedita, tal como também não é imediata a atribuição de um significado físico conjunto. No entanto, se, por exemplo, a cada metro cúbico de água perdido correspondesse um custo em Euros atribuível à compra e/ou tratamento desse volume alienado, os valores das variáveis [G] e [P] poderiam ser combinados e cada DMU poderia materializar cada metro cúbico perdido num custo com impacto na sua eficiência. Não sendo este o âmbito da presente dissertação, esta última análise permite, contudo, entender melhor como se processa a captura de eficiência quando a transformação é de n para n dimensões.

4.6.2. Discussão das variáveis selecionadas – apresentação de resultados

Inputs (alta e baixa)

O objetivo desta última análise é envolver todas as variáveis capazes de influenciar a eficiência das EGs. Nestas condições, todas as variáveis de *input* identificadas na *Tabela 4.4* são incorporadas nesta avaliação *multi-input/multi-output*.

Outputs (alta e baixa)

Pelos motivos discutidos nos *combos* anteriores, em alta, o número de alojamentos não deve influenciar a eficiência dos gastos totais nem a eficiência de perdas. Os raciocínios aí adotados são extensíveis a esta análise onde também está presente o número de avarias, uma vez que a adução em alta é independente do número de habitações que só depois em baixa são abastecidas.

Já em baixa, todas variáveis de *output* identificadas são trazidas para a análise.

Síntese da escolha de variáveis e apresentação de resultados

As variáveis finais do *Combo 3* são as que se apresentam na *Tabela 4.18*. Os resultados obtidos contam apenas com 14EGs em alta e 184 EGs em baixa, uma vez que, de acordo com o exposto em *Seleção de DMUs* (p. 54), a introdução da variável [V] Avarias torna não elegíveis 1 das 15 unidades em alta (1 não-resposta) e 22 das 206 unidades em baixa (18 não-respostas mais 4 valores nulos).

Tabela 4.18 - Variáveis finais do *Combo 3* (alta e baixa).

Combo 3 – Análise multi-input/multi-output		
Variáveis	Alta	Baixa
Inputs		
[G] Gastos totais	✓	✓
[P] Perdas	✓	✓
[V] Avarias	✓	✓
Outputs		
[A] Alojamentos	X	✓
[C] Consumo	✓	✓
[E] Extensão da rede	✓	✓
[R] Ramais	n.a.	✓

4.6.3. Análise CRS e VRS

Análise em alta

Em alta, os resultados desta análise *multi-input/multi-output* retornam 9 DMUs eficientes em condições CRS e 10 em condições VRS (*vide ANEXO 14*). Desde logo se verifica que, independentemente dos retornos à escala admitidos (já que 9 em 14 DMUs atuam dentro da escala de operação mais produtiva), o número de EGs consideradas eficientes é excessivo face ao número de unidades presentes em alta.

O número de variáveis disponíveis permite às DMUs encontrar mais formas de se posicionar na fronteira eficiente. De facto, caso uma DMU em avaliação não seja a mais eficiente na combinação de duas determinadas variáveis, talvez o possa ser quando combina a sua prestação noutras duas variáveis que não as primeiras ou, ainda, quando adiciona uma terceira ou uma quarta variável à sua captura de eficiência. Como exemplo, uma EG pode ser considerada Pareto-eficiente especificamente devido ao seu rácio de avarias por metro cúbico de água consumido, podendo ser contestada a sua conveniência como unidade de referência para as demais. A análise dos valores-alvo confirma a existência de EGs promovidas a unidades eficientes quando a variável [V] foi introduzida. Tome-se o exemplo da DMU EGa03 para a qual, no *Combo 1a*, se preconizava uma redução de 56% no seu nível de gastos. Neste *Combo 3a*, a DMU EGa03 é considerada Pareto-eficiente, pelo que a redução de gastos preconizada é de 0%.

Dado o número de *inputs* e *outputs* disponíveis, o conjunto de variáveis eficientes alarga-se e as suas unidades perdem, naturalmente, a qualidade de unidades de referência para o setor. Este facto é válido tanto em condições CRS como em condições VRS e incapacita a presente análise *multi-input/multi-output* em alta para a comparação de performance das EGs, tornando-a pouco útil para o escrutínio da atividade do setor. Esta situação acontece sobretudo quando são utilizadas variáveis cuja natureza ou unidades de medição impedem ou dificultam a sua intermutabilidade ou combinação, sendo também mais difícil interpretar fisicamente os resultados obtidos pela análise envoltória de dados.

Análise em baixa

Em baixa, o *ANEXO 15* faz o registo de 19 unidades de referência em condições CRS, às quais se somam outras 17 também eficientes em condições VRS. Ainda que o número de DMUs seja maior e a razão entre o número de DMUs eficientes e o número de DMUs total seja agora mais favorável, o número de *benchmark peers* encontrados continua demasiado elevado, no sentido em que possibilita a existência de demasiadas DMUs não competentes para o efeito pretendido.

A *Tabela 4.19* apresenta os valores da redução de gastos totais e de perdas de água (variáveis [G] e [P]) obtidos nos três *combos* da presente dissertação por algumas das DMUs eficientes do *Combo 3b*. O objetivo é distinguir quais das DMUs eficientes seriam já eficientes devido às suas prestações nos *combos* relativos aos gastos e às Perdas e quais passam a obter máxima eficiência devido à introdução da variável [V] Avarias.

As três DMUs EGb005, EGb062 e EGb170 eram já anteriormente consideradas eficientes, pelo que se revela apenas que a introdução da variável [V] não as afasta como pares de referência. Por essa razão, encontram-se destacadas a negrito na *Tabela 4.19*. As demais unidades listadas consistem em unidades eficientes do *Combo 3b* que apresentam desvios face aos valores-alvo dos *Combos 1b* e *2b* progressivamente mais acentuados. Note-se que, no fim da tabela, e com cor de fundo mais escurecida, as unidades de referência apresentam desvios já muito consideráveis face aos valores ótimos preconizados nas restantes análises de gastos e perdas.

Conclui-se que a análise *multi-inputs/multi-outputs* em baixa retorna unidades eficientes que não devem ser utilizadas como referências para o setor. De entre as três DMUs que se evidenciam pela sua elevada prestação em todos os *combos* em VRS, convém frisar que a EGb170 EPAL é aquela que apresenta um resultado nos indicadores da ERSAR mais frequentemente de nível Bom apesar dos insatisfatórios níveis de perdas, enquanto a EGb062 CM de Castro Daire apresenta um bom valor de indicador de perdas mas uma cobertura de gastos insatisfatória.

Tabela 4.19 - Reduções de Gastos e Perdas preconizadas nos diferentes *Combos* em baixa para algumas das DMUs eficientes do *Combo 3b*.

DMU	<i>Combo 1b</i>	<i>Combo 2b</i>	<i>Combo 3b</i>	
	$\Delta[G]$ (%)	$\Delta[P]$ (%)	$\Delta[G]$ (%)	$\Delta[P]$ (%)
EGb005	0	0	0	0
EGb062	0	0	0	0
EGb170	0	0	0	0
EGb165	-8	-8	0	0
EGb027	-3	-32	0	0
EGb041	-15	-20	0	0
EGb200	-10	-44	0	0
EGb184	-4	-82	0	0
EGb135	-7	-82	0	0
EGb203	-10	-81	0	0
EGb194	-2	-94	0	0
EGb024	-9	-98	0	0
EGb077	-70	-49	0	0
EGb116	-68	-63	0	0
EGb177	-39	-92	0	0
EGb120	-39	-98	0	0
EGb016	-55	-94	0	0
EGb020	-67	-93	0	0

4.7. Aplicabilidade da DEA

A Análise Envolvória de Dados consiste numa análise linear do comportamento de um grupo de unidades que realizam um determinado processo em condições análogas ou comparáveis. A DEA não pretende modelar os fenómenos na sua essência, mas sim encontrar um grupo de unidades que se destaquem positivamente pela sua performance, recorrendo à seleção de variáveis com atestada pertinência nos processos em causa. A interpretação dos resultados deve, por isso, ser consciente deste aspeto limitante e ambicionar apenas a obtenção de um conjunto de DMUs que, após terem sido consideradas como eficientes, possam, na prática, transmitir às suas pares um rumo para a melhoria da sua atividade e, também assim, para a melhoria do setor como um todo.

No caso da presente utilização da DEA para o setor dos SAS, em particular para o abastecimento de água em alta e em baixa, ficam evidentes algumas limitações quanto à aplicabilidade deste método.

Nos sistemas em alta, é sentida a falta de uma variável que permita ter em conta o número de pontos de entrega. Este atributo poderia ajudar a caracterizar o ambiente operacional das DMUs, já que seriam introduzidos os conceitos de densidade de pontos de entrega por quilómetro de condutas (combinação com [E] Extensão da rede) e de consumo por ponto de entrega (combinação com [C] Consumo). Estas noções poderiam ser úteis tanto no *Combo 1a*, referente aos Gastos totais, permitindo caracterizar melhor as condições de adução de cada EG,

como no *Combo 2a*, referente às perdas, uma vez que os pontos de junção de componentes são locais com maior potencial de ocorrência de perdas de água (analogia feita com os ramais em baixa). Em qualquer dos casos, os impactos no *ranking* da introdução de uma nova variável teriam sempre de ser analisados e validados. Por último, a análise *multi-input/multi-output* em alta mostra como o rácio entre o número de variáveis e o número de DMUs deve ser o mais baixo possível, sob pena de que a função comparativa da análise seja perdida. Neste caso em concreto, em condições de retornos à escala constantes, 75% das DMUs são consideradas eficientes, pelo que apenas 4 DMUs possuem unidades de referência que possam emular. Em VRS, a situação agrava-se, visto que ainda uma outra DMU é admitida no conjunto das unidades eficientes. A aplicabilidade da DEA e a interpretação dos seus resultados dependem, pois, do rácio entre o número de variáveis e do número de entidades disponíveis.

Em baixa, a aplicabilidade da DEA é ferida pela dificuldade em criar um contexto comparativo suficientemente equilibrado. Estima-se que o setor apresente alguma heterogeneidade no que diz respeito aos estados de conservação das infraestruturas, o que, desde logo tem impacto na gestão das diferentes EGs. Prova disso são os casos encontrados de baixos volumes de perdas acompanhados por níveis de reabilitação nulos ou sem expressão (*vide ANEXO 13*). Por outro lado, espera-se, por razões históricas, que as áreas urbanas estejam na posse de infraestruturas de transporte de água geralmente mais antigas, uma vez que o transporte de água canalizada nas zonas rurais constitui uma preocupação substancialmente mais atual. Não existem, no entanto, dados relativos a essa realidade, pelo que uma comparação dos gastos efetuados pelas entidades gestoras que não se faça acompanhar de informação complementar (por exemplo, quanto à idade média das condutas) corre sérios riscos de eleger referências erradas para o setor. As desigualdades comparativas afetam obrigatoriamente a aplicabilidade da DEA, no entanto, neste caso em concreto, a confirmação de que a idade média das condutas tende para uma “idade limite” (coincidente com o período de vida útil económica desses componentes) vem reforçar a legitimidade da utilização desta ferramenta. De resto, admitindo que existe uma desigualdade comparativa que não pode ser suprimida, apenas o acompanhamento interanual da prestação do setor e de cada DMU em particular pode confirmar se a evolução é, ou não, no sentido da convergência dos valores da reabilitação, tornando o contexto comparativo progressivamente mais justo.

A segregação de diferentes ambientes operacionais constitui uma das preocupações da ERSAR evidentes nos relatórios que produz. Note-se, no entanto, como a escolha dos *outputs* [A] e [E] consegue de alguma forma gerar unidades de *benchmark* de diferentes tipologias (*vide ANEXO 11*). De facto, se a escolha destas duas variáveis consegue introduzir uma espécie de noção de densidade habitacional, então também a introdução das variáveis [C] e [R] transmite uma ideia análoga de densidade de consumo e de ramais (além das outras várias conceções provenientes das restantes combinações possíveis entre variáveis). Este facto atesta a capacidade da DEA em criar contextos comparativos mais complexos e ilustrativos dos desafios operacionais experienciados pelas DMUs e reforça a sua utilização como ferramenta de comparação da prestação das entidades gestoras dos SAS.

5. CONCLUSÕES E PESQUISAS FUTURAS

O estudo que acaba de ser levado a cabo pressupõe que todas as empresas estão em igualdade no que concerne aos critérios de segurança da água, ou seja, não contempla circunstâncias onde uma EG não cumpra os critérios de tratamento da água, tal como não atende a circunstâncias onde os possa cumprir excepcionalmente.

A utilização da DEA para análise da eficiência de gastos totais das companhias de distribuição de água em alta revela que existem companhias notoriamente mais eficientes que outras. A análise com retornos à escala constantes (CRS) identifica uma redução potencial de gastos no setor da ordem dos 51%, o que equivale a 147,9 milhões de Euros. Admitindo retornos à escala variáveis (VRS), o valor obtido para a redução dos gastos é aliviado para 20%, equivalendo a 56,7 milhões de Euros (ver *Tabela 4.12*). Em baixa, as reduções preconizadas são igualmente assinaláveis. Em condições CRS, a redução indicada é de 65% e, em VRS, de 35% (ver *Tabela 4.13*). Na hipótese menos ambiciosa, o setor beneficiaria de uma redução dos gastos de 265,0 milhões de Euros. Ainda que estes valores sejam criticáveis devido à exigência da diminuição dos gastos, fica evidente que existe uma enorme margem de evolução no que diz respeito à eficiência dos gastos das entidades gestoras. De facto, mesmo que não seja possível a alteração da escala de operação das DMUs, as análises VRS em alta e em baixa indicam que muitas unidades do setor podem melhorar a sua gestão e aproximar-se dos valores registados pelos seus pares de referência.

A análise às perdas reais de água no setor revela também uma grande falta de uniformidade no valor de perdas registado pelas DMUs, quer em alta, quer em baixa. No entanto, o volume de perdas tende a agravar-se com a degradação do estado de conservação das infraestruturas. Como tal, admitindo que, tanto em alta como em baixa, as idades dos componentes instalados variam substancialmente de DMU para DMU, a DEA não é autossuficiente para caracterizar a eficiência de perdas no setor. Em todo o caso, comparativamente ao indicador de perdas atual da ERSAR (também insensível à maturidade das infraestruturas), a utilização da DEA permite uma melhor incorporação das condições operacionais de cada EG. Em alta, comparativamente ao indicador AA13a (medido em m³/km.dia), é incorporado o consumo de cada DMU e, em baixa, é tido em consideração o número de alojamentos abastecidos não contemplado pelo indicador AA13b (ora medido em litros/ramal.dia, ora em m³/km.dia, dependendo da densidade de ramais).

A análise *multi-input/multi-output* em alta retorna um número de DMUs eficientes demasiado elevado, fazendo com que a função comparativa da DEA se desvaneça, já que a maioria das unidades obtém eficiência máxima. Note-se que mesmo quando utilizada num universo onde todas as unidades em avaliação são suficientemente eficientes em termos absolutos, a DEA revela a sua utilidade através da comparação em termos relativos. Nesse cenário hipotético, a DEA seria capaz de identificar quais as unidades mais eficientes dentro de um universo onde todas já o seriam *a priori* em termos absolutos, indicando os pontos de melhoria para as unidades com desempenho “menos bom” e estimulando a inovação e o desenvolvimento do setor como um todo. Ora, no

caso da presente análise *multi-input/multi-output* em alta, é exatamente a função comparativa da DEA que é perdida, pelo que a sua utilidade é muito reduzida. A situação em baixa não é tão negativa no que diz respeito à sua função comparativa, no entanto, o escrutínio dos resultados revela que as unidades consideradas eficientes apresentam desempenhos muito fracos nas análises dos gastos totais e/ou das perdas de água, ou nos indicadores da ERSAR relativos à qualidade do serviço prestado. Este aspeto vem reforçar não só que a escolha de demasiadas variáveis pode ser prejudicial para a qualidade dos resultados, como também que a introdução de múltiplos *inputs* pode desvirtuar a captura de eficiência e fazer com que algumas unidades se destaquem de forma despropositada e não equilibrada. Contudo, deve ser referido que se as variáveis de *input*, hipoteticamente, se influenciassem mutuamente (como por exemplo a divisão de gastos totais em gastos operacionais e custos de capital, ou a análise de gastos totais juntamente com a tradução das perdas de água num custo em Euros), talvez os resultados pudessem revelar maior coerência e transmitissem uma captura de eficiência mais útil para o universo das DMUs em análise.

Pretende-se, ainda, que a presente dissertação constitua um ponto de partida para próximas investigações, pelo que se indicam alguns assuntos passíveis de vir a ser desenvolvidos no futuro.

[i] A DEA permite introduzir nas suas análises os preços de venda dos serviços prestados pelas entidades gestoras, fazendo com que os vários preços de venda do metro cúbico de água passem a afetar a captura de eficiência não só do ponto de vista da eficiência de alocação de preços, mas também do ponto de vista da eficiência de escala das unidades.

[ii] Com a DEA, abre-se a oportunidade de estudar vários cenários de escala de operação das entidades gestoras, permitindo conjecturar situações de fusão ou cisão.

[iii] A questão do estado de conservação das infraestruturas afeta todas as análises efetuadas na presente dissertação e influencia ainda a análise da escala de operação mais produtiva. É expectável que as EGs de maior dimensão alcancem custos marginais de reabilitação menores, devido a potenciais economias de escala, pelo que esta questão pode ser aprofundada com o intuito de esclarecer quais as condições de retornos à escala em que o setor deve ser analisado.

[iv] Conjuntamente com a DEA, e ao ritmo das disseminações anuais de dados feitas pela ERSAR, podem utilizar-se os índices de produtividade de Malmquist para avaliar o progresso interanual de cada entidade gestora e também o do setor. Desta forma torna-se possível discernir que parcela da evolução de cada DMU corresponde àquela que é partilhada por todo o setor e que outra parte constitui, de facto, um avanço (ou recuo) face às novas circunstâncias do setor como um todo.

[v] Estudar o impacto causado por intervenções tardias em locais onde a presença de fugas é negligenciada, quantificando a diferença de custos entre a prevenção e a intervenção após a agudização dos sintomas ou do eventual colapso da infraestrutura (custos de construção civil, custo da interrupção no abastecimento, custos de afetação de tráfego, custos de mobilização de corpo policial, custos associados à afetação do comércio local, etc.).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALEGRE, Helena, *et al.*, 2005. *CONTROLO DE PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ADUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- BANKER, Rajiv D., COOPER, William W., SEIFORD, Lawrence M., THRALL, Robert M. e ZHU, Joe, 2004. *Returns to scale in different DEA models*. *European Journal of Operational Research* 154, 345-362.
- BLACK & VEATCH. *Setting the Standard For UK Water Asset Management Success*. Disponível online a 15 de Julho de 2014 em: <http://bv.com/>.
- CHARNES, A., COOPER, W. e RHODE, E., 1978. *Measuring the efficiency of decision making units*. *European Journal of Operational Research* 2, 429-444.
- DECRETO-LEI n.º 104/2003. *Criação das Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional, 23/05/2003*. Disponível online em 15 de Julho de 2014 em : <http://www.dre.pt/pdf1s%5C2003%5C05%5C119A00%5C32223229.pdf>.
- DECRETO-LEI n.º 58/2005. *Lei da Água, 05/12/29*. Disponível online a 15 de Julho de 2014 em: <http://www.dre.pt/pdf1s/2005/12/249A00/72807310.pdf>.
- DECRETO-LEI n.º 130/2012. *Alteração do Decreto-Lei n.º 58/2005, 12/06/22*. Disponível online a 15 de Julho de 2014 em: <https://dre.pt/pdf1sdip/2012/06/12000/0310903139.pdf>.
- ERSAR, 2014.
- [a] *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2013) – Sumário Executivo*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), disponível online em 26 de Junho de 2016 em: <http://www.ersar.pt/website/>.
 - [b] *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2013) – Volume 1 – CARATERIZAÇÃO GERAL DO SETOR*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), disponível online em 26 de Junho de 2016 em: <http://www.ersar.pt/website/>.
 - [c.1] *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2014) – Volume 3 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO PRESTADO AOS UTILIZADORES*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), disponível online em 26 de Junho de 2016 em: <http://www.ersar.pt/website/>.
 - [c.2] *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2013) – 2013_Relatorio_Dados_Indicadores*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), disponível online em 26 de Junho de 2016 em: <http://www.ersar.pt/website/>.
- FARREL, M. J., 1957. *The Measurement of Productive Efficiency*. *Journal of the Royal Statistical Society* 120, 253-290.
- FRIEDMAN, Lee S., 2002. *The microeconomics of public policy analysis*. Princeton (Nova Jersey, EUA) e Woodstock (Oxfordshire, RU), Princeton University Press.
- IWA (The International Water Association). *Strategic Asset Management*. Disponível online a 15 de Julho de 2014 em: <http://www.iwahq.org/8j/communities/specialist-groups/list-of-groups/strategic-asset-management.html>.
- KRUGMAN, P. e WELLS, R., 2005. *Microeconomics*. Nova Iorque, Worth Publishers.

LNEC e ERSAR, 2013.

[a] *Série GUIAS TÉCNICOS 16 - Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água - Uma abordagem centrada na reabilitação*. Lisboa, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

[b] *Série GUIAS TÉCNICOS 19 - Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2.ª geração do sistema de avaliação*. Lisboa, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) e Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

MARQUES, Rui Cunha, 2011. *A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, Uma perspectiva internacional*. Lisboa, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), Centro de Sistemas Urbanos e Regionais (CESUR).

THANASSOULIS, Emmanuel, 2000.

[a] *The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: Water distribution*. European Journal of Operational Research 126 (2000) 436-453.

[b] *DEA and its use in the regulation of water companies*. European Journal of Operational Research 127 (2000) 1-13.

THANASSOULIS, Emmanuel, 2001. *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis*. Boston, Kluwer Academic Publishers.

THANASSOULIS, Emmanuel, KORTELAJNEN, Mika e ALLEN, Rachel, 2012. *Improving envelopment in Data Envelopment Analysis under variable returns to scale*. European Journal of Operational Research 218, 175-185.

ANEXOS

ANEXO 1 - Bandas de fiabilidade da informação recolhida

Banda de fiabilidade da fonte de informação	Conceito associado
3 (***)	Dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.
2 (**)	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.
1 (*)	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada.

NOTA: Retirado de LNEC e ERSAR [2013b, p. 26].

ANEXO 2 - Correlações entre as variáveis (alta e baixa)

		Correlações ente as variáveis [%]					
Sistemas em Alta		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]
Sistemas em Baixa		Gastos	Perdas	Avarias	Alojamentos	Consumo	Extensão
[G]	Gastos		86	-18	94	96	27
[P]	Perdas	74		-9	78	93	17
[V]	Avarias	38	61		-24	-25	70
[A]	Alojamentos	96	83	44		93	18
[C]	Consumo	94	65	31	89		11
[E]	Extensão	61	76	67	70	48	
[R]	Ramais	75	83	61	83	63	93

NOTA: Correlações de valor superior a 90% destacadas a negrito.

ANEXO 3 - Componentes do balanço hídrico

Quadro 2 – Componentes do balanço hídrico

A	B	C	D	E	
Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]	
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]		
	Perdas de água [m ³ /ano]	Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]		Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
				Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
		Perdas aparentes [m ³ /ano]		Uso não autorizado [m ³ /ano]	
				Erros de medição [m ³ /ano]	
	Perdas reais [m ³ /ano]			Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
				Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
				Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]	

Nota: O consumo de água por clientes registados que a pagam indirectamente através de impostos locais ou nacionais é considerado como consumo autorizado facturado para efeitos do cálculo do balanço hídrico.

NOTA: Retirado de ALEGRE *et al.* [2005, p. 52].

ANEXO 4 - Dados para as DMUs em alta (ERSAR)

DMU	Sistema			AA em Alta			Tipologia	Fiabilidade			
	Variáveis	Inputs			Outputs						
		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]					[E]
	Unidades	€/ano	m3/ano	n.º/ano	n.º	m3/ano					km
Código	dAA51a	dAA18a	dAA13a	dAA07a	dAA16a	dAA30a					
EGa01	Águas de Santo André	1 282 206	79 897	7	13 100	1 788 364	26,0	APR	3,00	100%	
EGa02	Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	19 900 376	707 463	105	222 365	20 096 367	1 269,9	APR	2,83	94%	
EGa03	Águas do Algarve	31 601 174	832 991	11	332 050	63 781 553	482,1	AMU	2,33	78%	
EGa04	Águas do Centro	14 955 799	518 865	145	139 250	17 283 533	1 169,1	AMU	2,67	89%	
EGa05	Águas do Centro Alentejo	6 240 512	308 484	60	49 712	7 461 910	277,4	APR	2,83	94%	
EGa06	Águas do Douro e Paiva	42 872 905	1 983 183	9	786 058	100 135 374	482,3	APU	2,83	94%	
EGa07	Águas do Mondego	11 284 765	805 447	2	147 064	22 841 897	207,4	AMU	2,00	67%	
EGa08	Águas do Noroeste	25 861 582	430 986	21	277 487	35 373 779	945,7	AMU	2,50	83%	
EGa09	Águas do Norte Alentejano	7 517 964	529 447	85	69 040	7 852 905	493,2	APR	2,50	83%	
EGa10	Águas do Oeste	23 301 306	573 901	48	139 373	25 864 979	368,9	AMU	2,67	89%	
EGa11	Águas do Vouga	3 224 454	54 028	7	78 099	9 597 701	109,2	AMU	3,00	100%	
EGa12	Águas do Zêzere e Coa	14 328 760	1 382 541	356	130 337	16 839 318	1 368,2	APR	2,17	72%	
EGa13	Águas Públicas do Alentejo	13 409 826	1 344 553	NR	146 716	18 591 073	836,5	APR	2,00	67%	
EGa14	EPAL	72 205 581	9 043 589	13	831 458	206 834 648	710,3	APU	2,33	78%	
EGa15	ICOVI	750 779	179 852	49	33 010	3 405 582	109,0	APR	3,00	100%	
	Max	72 205 581	9 043 589	356	831 458	206 834 648	1 368,2	-	3,00	100%	
	Min	750 779	54 028	2	13 100	1 788 364	26,0	-	2,00	67%	
	μ	19 249 199	1 251 682	66	226 341	37 183 266	590,3	-	2,58	86%	
	σ	18 155 652	2 144 493	91	243 723	51 726 790	425,1	-	0,34	11%	

Tipologias em Alta	
APU	2
AMU	6
APR	7
<i>Total</i>	15

ANEXO 5 - Dados para as DMUs em baixa (ERSAR)

DMU		Sistema			AA em Baixa				Tip	CCDR	Fiabilidade	
		Inputs			Outputs							
		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]	[R]				
Unidades	€/ano	m3/ano	n.º/ano	n.º	m3/ano	km	n.º					
Código	dAA51b	dAA18b	dAA13b	dAA07b	dAA15b	dAA30b	dAA33b					
EGb001	AGERE	10 847 676	2 854 552	246	69 705	9 043 469	1 122	41 066	APU	N	2,43	81%
EGb002	Águas da Azambuja	2 212 658	287 638	79	8 659	1 230 370	281	9 675	APR	AA	3,00	100%
EGb003	Águas da Covilhã	3 296 811	1 055 113	189	25 114	2 233 234	610	24 256	APR	CLVT	2,86	95%
EGb004	Águas da Figueira	5 219 174	554 580	134	35 652	3 640 093	867	23 542	AMU	CLVT	2,86	95%
EGb005	Águas da Região de Aveiro	21 622 733	6 577 386	1 319	132 028	14 478 628	3 919	134 849	AMU	CLVT	2,71	90%
EGb006	Águas da Teja	1 048 354	101 376	189	5 438	620 118	548	6 669	APR	CLVT	2,71	90%
EGb007	Águas de Alenquer	4 160 655	648 650	198	19 168	2 322 948	689	19 761	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb008	Águas de Barcelos	6 002 223	564 836	90	31 739	2 891 222	1 283	41 791	AMU	N	2,86	95%
EGb009	Águas de Carrazeda	552 610	91 917	69	4 732	355 309	237	6 171	APR	N	2,86	95%
EGb010	Águas de Cascais	30 296 783	946 437	476	101 934	16 157 701	1 374	42 624	APU	CLVT	3,00	100%
EGb011	Águas de Coimbra	15 085 867	2 508 362	160	74 495	10 118 812	1 197	43 207	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb012	Águas de Gondomar	13 176 909	585 419	183	69 046	7 560 909	875	47 425	APU	N	3,00	100%
EGb013	Águas de Mafra	8 353 755	604 605	268	36 020	4 636 194	950	26 144	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb014	Águas de Ourém	4 648 833	779 850	503	20 968	2 544 965	1 155	25 154	AMU	CLVT	2,86	95%
EGb015	Águas de Paços de Ferreira	3 573 303	260 033	33	12 987	1 278 610	429	13 920	AMU	N	2,86	95%
EGb016	Águas de Paredes	2 787 681	252 192	24	17 218	1 360 241	401	11 062	AMU	N	3,00	100%
EGb017	Águas de S. João	1 391 313	311 058	44	9 881	1 237 765	102	4 679	APU	N	2,00	67%
EGb018	Águas de Santarém	4 758 211	1 511 032	NR	29 167	3 877 963	689	22 374	AMU	AA	1,86	62%
EGb019	Águas de Santo André	1 595 923	315 631	175	4 767	1 211 035	93	1 872	APR	AA	3,00	100%
EGb020	Águas de Valongo	8 062 412	545 628	57	36 598	4 018 471	499	20 903	APU	N	3,00	100%
EGb021	Águas do Lena	1 081 435	248 133	76	6 653	897 328	254	6 231	APR	CLVT	2,43	81%
EGb022	Águas do Marco	1 825 786	261 086	235	7 431	726 362	300	7 309	AMU	N	2,86	95%
EGb023	Águas do Planalto	5 718 266	478 034	571	31 283	2 770 866	1 247	36 312	APR	CLVT	2,43	81%
EGb024	Águas do Porto	22 059 338	2 672 193	304	123 521	16 599 062	757	64 000	APU	N	2,71	90%
EGb025	Águas do Ribatejo	7 758 680	4 433 839	988	67 049	8 643 313	1 768	65 755	AMU	AA	2,14	71%
EGb026	Águas do Sado	8 226 944	2 096 201	542	56 258	7 475 620	713	26 589	APU	CLVT	3,00	100%
EGb027	Águas e Parque Biológico de Gaia	18 042 207	2 786 123	175	120 382	14 688 318	1 491	57 531	APU	N	2,86	95%
EGb028	AMBIOLHÃO	3 277 441	740 717	131	21 745	3 435 585	329	14 588	AMU	AA	2,14	71%
EGb029	Aquaervas	2 149 010	303 527	65	10 695	1 120 131	145	12 540	APR	AA	2,43	81%
EGb030	Aquafundalia	3 152 194	174 928	201	16 618	1 165 746	355	18 314	APR	CLVT	2,14	71%
EGb031	Aquamaior	966 194	81 782	21	4 302	430 937	42	3 900	APR	AA	2,00	67%
EGb032	Cartágua	3 019 939	246 183	188	10 420	1 274 657	234	10 007	AMU	AA	2,29	76%
EGb033	CM de Alandroal	875 331	185 960	NR	3 778	319 053	172	5 011	APR	AA	2,00	67%
EGb034	CM de Albufeira	8 535 210	1 721 699	125	38 404	7 477 155	755	26 788	AMU	AA	2,57	86%
EGb035	CM de Alcochete	529 248	245 085	25	8 344	1 378 328	108	4 575	AMU	CLVT	1,86	62%
EGb036	CM de Alcoutim	280 316	155 983	7	2 939	166 574	135	3 715	APR	AA	1,86	62%
EGb037	CM de Aljô	713 439	402 874	30	8 106	463 397	235	8 048	APR	N	1,57	52%
EGb038	CM de Aljustrel	523 090	460 306	18	5 155	537 086	46	5 350	APR	AA	2,00	67%
EGb039	CM de Almeida	877 097	185 593	83	5 913	532 318	241	8 113	APR	CLVT	2,57	86%
EGb040	CM de Almodôvar	608 569	136 880	28	3 669	277 890	103	4 687	APR	AA	2,14	71%
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
	Max	72 858 839	7 644 918	1 658	291 919	95 103 321	3 919,3	134 849	-	-	3,00	100%
	Min	83 758	7 500	0	1 216	97 851	7,3	1 001	-	-	1,29	43%
	μ	3 850 022	780 275	170	21 667	2 956 737	431,0	15 710	-	-	2,29	76%
	σ	7 358 898	1 104 450	217	34 841	7 673 721	467,2	17 359	-	-	0,45	15%

Tipologias em Baixa	
APU	21
AMU	59
APR	126
Total	206

CCDR em Baixa	
N	65
CLVT	74
AeA	67
Total	206

[ANEXO 5 - Tabela 1 de 5]

DMU	Sistema		AA em Baixa						Tip	CCDR	Fiabilidade	
	Variáveis	Inputs			Outputs							
		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]	[R]				
		Unidades Código	€/ano dAA51b	m3/ano dAA18b	n.º/ano dAA13b	n.º dAA07b	m3/ano dAA15b	km dAA30b				n.º dAA33b
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
EGb041	CM de Alter do Chão	169 128	42 586	11	2 664	191 403	30,6	3 417	APR	AA	2,43	81%
EGb042	CM de Alvito	191 927	139 868	5	1 546	161 768	20,3	1 630	APR	AA	2,29	76%
EGb043	CM de Amarante	2 090 914	1 735 622	561	15 579	1 595 870	608,6	17 994	AMU	N	2,14	71%
EGb044	CM de Arcos de Valdevez	1 407 401	222 543	182	10 029	805 463	410,5	8 803	APR	N	2,14	71%
EGb045	CM de Arganil	695 576	515 195	191	8 707	694 218	317,7	7 121	APR	CLVT	2,71	90%
EGb046	CM de Armamar	482 585	190 123	15	3 834	280 611	182,0	5 168	APR	N	2,00	67%
EGb047	CM de Arraiolos	562 539	59 836	11	4 133	395 869	127,1	4 963	APR	AA	2,00	67%
EGb048	CM de Arronches	280 968	79 929	3	1 912	186 268	23,3	2 193	APR	AA	2,43	81%
EGb049	CM de Arruda dos Vinhos	1 574 102	757 618	159	6 467	641 620	204,2	4 801	AMU	CLVT	2,57	86%
EGb050	CM de Avis	678 775	280 380	39	2 685	192 536	54,6	2 879	APR	AA	2,29	76%
EGb051	CM de Barrancos	83 758	31 799	0	1 216	97 851	7,3	1 344	APR	AA	2,29	76%
EGb052	CM de Barreiro	2 680 334	1 104 426	177	37 264	4 597 710	302,0	17 761	APU	CLVT	2,57	86%
EGb053	CM de Belmonte	1 274 439	215 449	77	4 227	560 167	94,2	4 494	APR	CLVT	2,29	76%
EGb054	CM de Bombarral	1 573 003	111 663	109	6 581	700 666	232,7	7 388	APR	CLVT	2,29	76%
EGb055	CM de Borba	808 743	242 007	50	3 205	417 256	82,1	3 698	APR	AA	2,29	76%
EGb056	CM de Boticas	486 660	7 500	0	3 823	392 000	122,8	3 961	APR	N	1,71	57%
EGb057	CM de Bragança	2 205 245	913 889	138	23 265	2 597 022	527,0	25 951	APR	N	2,71	90%
EGb058	CM de Caminha	1 507 367	239 280	21	12 281	1 063 524	273,2	9 309	APR	N	2,00	67%
EGb059	CM de Castanheira de Pera	446 380	136 390	28	2 519	134 799	103,0	2 515	APR	CLVT	2,29	76%
EGb060	CM de Castelo de Paiva	868 105	572 474	507	4 925	992 623	182,9	5 634	APR	N	1,86	62%
EGb061	CM de Castelo de Vide	364 395	165 330	11	2 580	172 056	63,0	2 891	APR	AA	1,71	57%
EGb062	CM de Castro Daire	618 740	65 331	20	8 564	435 542	825,0	10 910	APR	CLVT	2,00	67%
EGb063	CM de Castro Marim	1 336 770	590 492	NR	6 688	757 809	114,1	5 270	APR	AA	2,00	67%
EGb064	CM de Castro Verde	924 638	194 523	71	4 117	433 708	59,1	4 558	APR	AA	2,14	71%
EGb065	CM de Celorico da Beira	1 102 242	197 427	NR	4 922	394 855	118,8	6 012	APR	CLVT	2,00	67%
EGb066	CM de Chaves	2 201 569	1 802 085	1 658	17 964	1 773 568	799,0	20 710	AMU	N	1,57	52%
EGb067	CM de Cinfães	468 840	265 373	20	2 726	302 714	56,5	2 726	APR	N	1,57	52%
EGb068	CM de Condeixa-a-Nova	1 660 229	93 244	40	7 427	942 025	293,0	6 172	APR	CLVT	2,43	81%
EGb069	CM de Constância	271 416	68 616	18	2 144	246 991	61,3	2 174	APR	CLVT	2,29	76%
EGb070	CM de Crato	505 114	130 337	21	2 799	230 376	68,5	3 373	APR	AA	2,00	67%
EGb071	CM de Cuba	324 139	220 668	NR	2 561	226 399	29,7	3 192	APR	AA	2,29	76%
EGb072	CM de Entroncamento	1 318 177	623 347	84	9 819	934 397	280,0	4 473	APU	CLVT	2,14	71%
EGb073	CM de Espinho	2 030 675	514 996	104	13 560	1 579 751	155,9	8 688	AMU	N	2,14	71%
EGb074	CM de Estremoz	665 122	900 837	151	6 957	1 135 646	202,9	8 180	APR	AA	2,00	67%
EGb075	CM de Évora	5 788 099	437 088	58	24 882	3 656 643	325,2	20 664	APR	AA	2,14	71%
EGb076	CM de Felgueiras	1 364 436	1 181 382	NR	12 008	1 286 250	479,3	13 259	AMU	N	2,00	67%
EGb077	CM de Ferreira do Alentejo	429 767	587 225	3	4 823	424 441	102,0	5 185	APR	AA	2,43	81%
EGb078	CM de Ferreira do Zêzere	1 255 422	480 807	263	5 078	494 002	444,4	7 941	APR	CLVT	2,00	67%
EGb079	CM de Figueiró dos Vinhos	654 113	228 958	182	3 527	274 706	211,2	4 479	APR	CLVT	2,57	86%
EGb080	CM de Fornos de Algodres	823 194	112 445	NR	3 213	262 372	71,5	3 930	APR	CLVT	1,43	48%
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
	Max	72 858 839	7 644 918	1 658	291 919	95 103 321	3 919,3	134 849	-	-	3,00	100%
	Min	83 758	7 500	0	1 216	97 851	7,3	1 001	-	-	1,29	43%
	μ	3 850 022	780 275	170	21 667	2 956 737	431,0	15 710	-	-	2,29	76%
	σ	7 358 898	1 104 450	217	34 841	7 673 721	467,2	17 359	-	-	0,45	15%

Tipologias em Baixa	
APU	21
AMU	59
APR	126
Total	206

CCDR em Baixa	
N	65
CLVT	74
AeA	67
Total	206

[ANEXO 5 - Tabela 2 de 5]

DMU		Sistema			AA em Baixa				Tip	CCDR	Fiabilidade		
		Variáveis	Inputs			Outputs							
			[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]					[R]
			Unidades	€/ano	m3/ano	n.º/ano	n.º	m3/ano					km
Código	dAA51b	dAA18b	dAA13b	dAA07b	dAA15b	dAA30b	dAA33b						
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
EGb081	CM de Gavião	372 560	53 264	66	3 028	221 153	81,8	3 913	APR	AA	2,57	86%	
EGb082	CM de Grândola	1 149 189	221 183	39	6 592	848 304	127,9	6 470	APR	AA	2,14	71%	
EGb083	CM de Lagoa	3 911 702	1 818 022	177	17 741	3 228 551	320,6	14 571	AMU	AA	2,14	71%	
EGb084	CM de Lagos	4 139 474	1 305 098	98	24 534	3 735 431	389,9	13 277	AMU	AA	2,86	95%	
EGb085	CM de Lamego	1 155 268	808 856	159	11 492	1 013 625	276,0	10 164	AMU	N	2,00	67%	
EGb086	CM de Loulé	4 351 956	1 000 000	166	32 736	4 748 761	580,6	21 874	AMU	AA	2,57	86%	
EGb087	CM de Lousada	1 228 806	251 130	204	10 102	1 181 418	372,5	11 804	AMU	N	1,43	48%	
EGb088	CM de Manteigas	844 563	95 992	4	2 368	228 055	35,3	2 823	APR	CLVT	2,14	71%	
EGb089	CM de Marvão	370 626	127 694	NR	2 185	203 868	86,6	2 393	APR	AA	1,29	43%	
EGb090	CM de Mealhada	1 003 784	468 959	40	8 996	1 378 949	261,7	10 716	APR	CLVT	3,00	100%	
EGb091	CM de Melgaço	249 698	100 064	53	3 917	318 062	188,9	3 808	APR	N	2,00	67%	
EGb092	CM de Mértola	533 554	127 582	225	6 643	455 650	46,2	7 120	APR	AA	2,57	86%	
EGb093	CM de Mira	637 950	429 048	37	6 643	749 383	173,5	7 536	APR	CLVT	2,43	81%	
EGb094	CM de Miranda do Corvo	1 013 079	340 432	100	6 115	628 937	254,1	6 954	APR	CLVT	1,86	62%	
EGb095	CM de Miranda do Douro	1 027 387	596 501	74	5 508	428 245	290,1	5 508	APR	N	2,00	67%	
EGb096	CM de Mirandela	5 557 091	628 849	256	12 389	1 393 802	468,0	14 024	APR	N	1,71	57%	
EGb097	CM de Mogadouro	1 361 480	76 123	36	6 508	841 270	319,2	8 648	APR	N	2,00	67%	
EGb098	CM de Moimenta da Beira	1 149 189	774 625	374	6 614	523 710	86,9	7 800	APR	N	1,57	52%	
EGb099	CM de Moita	1 379 953	700 020	80	30 284	3 561 901	277,9	12 787	APU	CLVT	2,29	76%	
EGb100	CM de Monchique	445 051	30 271	NR	2 381	288 964	126,6	2 961	APR	AA	1,86	62%	
EGb101	CM de Monforte	204 531	45 387	72	2 072	143 441	47,4	2 322	APR	AA	1,86	62%	
EGb102	CM de Montemor-o-Velho	899 207	1 394 666	691	10 217	1 214 793	425,0	11 759	APR	CLVT	2,00	67%	
EGb103	CM de Mora	458 783	143 504	13	3 293	334 082	120,0	8 794	APR	AA	2,29	76%	
EGb104	CM de Moura	2 225 974	1 100 414	NR	9 160	685 362	78,1	9 830	APR	AA	1,57	52%	
EGb105	CM de Mourão	525 439	273 090	44	1 691	140 563	48,0	4 126	APR	AA	2,71	90%	
EGb106	CM de Murça	608 576	524 515	41	3 884	245 084	157,0	4 152	APR	N	1,43	48%	
EGb107	CM de Nelas	1 386 702	395 884	25	6 652	678 486	98,9	6 685	APR	CLVT	1,86	62%	
EGb108	CM de Nisa	718 434	166 538	39	6 410	409 490	84,2	7 405	APR	AA	2,57	86%	
EGb109	CM de Óbidos	895 768	466 686	99	7 109	959 153	262,0	6 318	APR	CLVT	1,86	62%	
EGb110	CM de Odemira	2 219 235	610 276	132	12 438	1 142 282	560,4	18 792	APR	AA	2,43	81%	
EGb111	CM de Oleiros	565 791	83 744	NR	4 370	284 001	311,8	4 344	APR	CLVT	1,29	43%	
EGb112	CM de Oliveira de Azeméis	1 833 668	1 187 132	232	13 235	1 421 589	370,3	17 820	AMU	N	2,29	76%	
EGb113	CM de Ourique	439 237	192 208	NR	2 991	209 187	24,5	3 259	APR	AA	1,71	57%	
EGb114	CM de Palmela	2 667 915	920 145	279	25 109	4 475 070	574,4	21 122	AMU	CLVT	2,71	90%	
EGb115	CM de Paredes de Coura	439 712	228 868	22	4 680	376 033	282,1	5 130	APR	N	1,71	57%	
EGb116	CM de Penacova	1 054 750	451 624	17	8 119	755 879	346,4	10 726	APR	CLVT	2,86	95%	
EGb117	CM de Penamacor	1 074 688	89 263	73	5 453	374 939	133,1	6 373	APR	CLVT	2,71	90%	
EGb118	CM de Penedono	314 772	20 433	98	2 367	162 451	118,0	2 894	APR	N	1,86	62%	
EGb119	CM de Penela	981 280	323 405	115	3 499	308 808	317,0	4 551	APR	CLVT	2,86	95%	
EGb120	CM de Peso da Régua	1 397 807	361 902	5	8 883	795 708	204,7	7 386	AMU	N	1,86	62%	
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
	Max	72 858 839	7 644 918	1 658	291 919	95 103 321	3 919,3	134 849	-	-	3,00	100%	
	Min	83 758	7 500	0	1 216	97 851	7,3	1 001	-	-	1,29	43%	
	μ	3 850 022	780 275	170	21 667	2 956 737	431,0	15 710	-	-	2,29	76%	
	σ	7 358 898	1 104 450	217	34 841	7 673 721	467,2	17 359	-	-	0,45	15%	

Tipologias em Baixa	
APU	21
AMU	59
APR	126
Total	206

CCDR em Baixa	
N	65
CLVT	74
AeA	67
Total	206

[ANEXO 5 - Tabela 3 de 5]

DMU	Sistema				AA em Baixa				Tip	CCDR	Fiabilidade	
	Variáveis	Inputs			Outputs							
		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]	[R]				
		Unidades Código	€/ano dAA51b	m3/ano dAA18b	n.º/ano dAA13b	n.º dAA07b	m3/ano dAA15b	km dAA30b				
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
EGb121	CM de Pinhel	1 035 812	164 920	36	6 142	389 613	195,0	9 341	APR	CLVT	1,57	52%
EGb122	CM de Pombal	2 622 492	1 129 681	240	20 639	2 039 422	1 370,1	28 971	APR	CLVT	2,29	76%
EGb123	CM de Ponte da Barca	253 034	167 791	0	4 743	353 026	178,9	5 788	APR	N	2,14	71%
EGb124	CM de Ponte de Lima	1 366 077	515 681	NR	12 520	1 498 523	966,6	11 120	APR	N	2,00	67%
EGb125	CM de Ponte de Sor	1 485 772	779 363	NR	8 976	969 973	233,8	9 194	APR	AA	1,71	57%
EGb126	CM de Portel	701 027	188 904	68	3 710	511 796	149,4	4 621	APR	AA	1,86	62%
EGb127	CM de Porto de Mós	1 626 655	1 212 893	207	9 266	1 022 228	487,7	13 481	APR	CLVT	2,29	76%
EGb128	CM de Póvoa de Lanhoso	1 179 345	213 410	34	5 643	437 960	221,0	7 001	APR	N	2,71	90%
EGb129	CM de Póvoa de Varzim	3 915 255	1 731 566	188	31 409	2 779 798	413,0	23 356	APU	N	3,00	100%
EGb130	CM de Proença-a-Nova	1 037 878	141 779	40	6 202	566 666	235,2	6 545	APR	CLVT	1,71	57%
EGb131	CM de Redondo	625 967	250 042	31	3 727	292 189	136,9	4 793	APR	AA	2,29	76%
EGb132	CM de Reguengos de Monsaraz	894 945	370 777	43	5 679	632 850	107,4	8 564	APR	AA	2,57	86%
EGb133	CM de Ribeira de Pena	505 101	267 453	NR	4 193	247 549	234,8	4 613	APR	N	1,71	57%
EGb134	CM de Rio Maior	1 948 835	1 052 504	118	10 355	1 150 957	436,3	9 960	APR	AA	2,00	67%
EGb135	CM de Santa Marta de Penaguião	244 299	509 615	26	4 113	256 905	133,0	4 470	APR	N	1,71	57%
EGb136	CM de Santiago do Cacém	1 284 393	467 652	171	10 937	1 415 946	365,5	11 267	APR	AA	2,43	81%
EGb137	CM de São Brás de Alportel	1 399 778	543 032	6	6 069	889 532	158,8	5 071	APR	AA	2,29	76%
EGb138	CM de São João da Pesqueira	794 732	314 747	80	5 002	424 448	191,6	6 218	APR	N	1,71	57%
EGb139	CM de Seia	2 024 727	626 193	357	14 401	1 255 471	316,1	14 176	APR	CLVT	2,43	81%
EGb140	CM de Seixal	6 199 188	1 220 744	302	74 000	9 385 011	1 230,0	36 813	APU	CLVT	1,71	57%
EGb141	CM de Sernancelhe	267 164	159 382	44	3 438	187 312	80,7	4 118	APR	N	2,57	86%
EGb142	CM de Serpa	679 379	326 445	343	8 475	1 054 796	102,4	8 702	APR	AA	2,29	76%
EGb143	CM de Sertão	1 037 032	487 461	40	9 191	642 655	426,5	10 792	APR	CLVT	2,14	71%
EGb144	CM de Sesimbra	3 989 243	1 865 505	364	28 564	3 696 551	418,4	22 769	AMU	CLVT	1,43	48%
EGb145	CM de Sines	960 634	201 206	54	7 467	1 466 198	125,0	4 816	AMU	AA	1,71	57%
EGb146	CM de Soure	1 033 662	684 535	714	9 639	1 023 232	420,1	10 696	APR	CLVT	2,43	81%
EGb147	CM de Sousel	712 227	45 940	NR	2 975	273 455	67,3	3 771	APR	AA	1,86	62%
EGb148	CM de Tarouca	1 029 471	166 320	22	4 958	373 141	105,7	6 173	APR	N	2,00	67%
EGb149	CM de Terras de Bouro	297 809	152 787	262	2 767	341 034	128,8	2 735	APR	N	1,86	62%
EGb150	CM de Vale de Cambra	850 219	433 106	55	6 683	540 535	146,8	6 683	APR	N	2,00	67%
EGb151	CM de Valpaços	2 215 274	33 820	84	10 970	620 027	491,1	10 514	APR	N	1,86	62%
EGb152	CM de Vendas Novas	1 549 377	276 830	64	5 987	895 780	171,2	5 897	APR	AA	2,14	71%
EGb153	CM de Viana do Alentejo	675 006	133 056	35	3 045	323 028	59,2	3 838	APR	AA	2,29	76%
EGb154	CM de Vieira do Minho	740 560	524 939	307	4 658	315 370	237,9	4 922	APR	N	1,43	48%
EGb155	CM de Vila de Rei	327 681	159 425	143	2 621	296 075	60,0	2 790	APR	CLVT	1,71	57%
EGb156	CM de Vila do Bispo	813 585	268 375	107	5 157	920 861	84,0	5 329	APR	AA	2,43	81%
EGb157	CM de Vila Flor	792 785	201 662	NR	4 635	525 550	146,0	4 572	APR	N	1,29	43%
EGb158	CM de Vila Nova de Famalicão	7 460 380	3 067 420	510	34 654	3 964 256	998,9	35 934	AMU	N	2,29	76%
EGb159	CM de Vila Nova de Foz Coa	791 397	363 618	46	6 167	491 906	142,4	6 066	APR	N	1,57	52%
EGb160	CM de Vila Nova de Poiares	666 858	442 927	132	4 029	352 820	83,9	4 048	APR	CLVT	1,71	57%
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
	Max	72 858 839	7 644 918	1 658	291 919	95 103 321	3 919,3	134 849	-	-	3,00	100%
	Min	83 758	7 500	0	1 216	97 851	7,3	1 001	-	-	1,29	43%
	μ	3 850 022	780 275	170	21 667	2 956 737	431,0	15 710	-	-	2,29	76%
	σ	7 358 898	1 104 450	217	34 841	7 673 721	467,2	17 359	-	-	0,45	15%

Tipologias em Baixa	
APU	21
AMU	59
APR	126
Total	206

CCDR em Baixa	
N	65
CLVT	74
AeA	67
Total	206

[ANEXO 5 - Tabela 4 de 5]

DMU	Sistema				AA em Baixa				Tip	CCDR	Fiabilidade	
	Variáveis	Inputs			Outputs							
		[G]	[P]	[V]	[A]	[C]	[E]	[R]				
		Unidades	€/ano	m3/ano	n.º/ano	n.º	m3/ano	km				n.º
Código	dAA51b	dAA18b	dAA13b	dAA07b	dAA15b	dAA30b	dAA33b					
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
EGb161	CM de Vila Velha de Ródão	529 280	130 462	14	2 918	254 815	82,9	3 724	APR	CLVT	2,00	67%
EGb162	CM de Vila Verde	1 507 361	830 121	NR	12 496	1 324 571	532,9	10 657	APR	N	1,86	62%
EGb163	CM de Vila Viçosa	532 879	177 175	0	4 789	752 094	99,8	4 285	APR	AA	2,57	86%
EGb164	CM de Vimioso	535 716	190 868	48	4 140	445 358	155,1	4 563	APR	N	2,00	67%
EGb165	CM de Vinhais	447 874	420 489	15	6 596	576 771	254,8	8 104	APR	N	1,57	52%
EGb166	EAmb - Esposende Ambiente, EEM	2 969 432	366 367	39	16 867	1 797 455	426,4	18 588	AMU	N	2,43	81%
EGb167	EMAR de Portimão	5 980 483	994 919	67	41 917	5 073 649	448,2	23 285	AMU	AA	2,57	86%
EGb168	EMAR de Vila Real	4 123 235	1 256 552	363	24 656	2 744 380	799,0	21 942	AMU	N	2,14	71%
EGb169	EMAS de Beja	3 787 405	622 972	222	17 645	2 306 913	268,8	15 773	APR	AA	2,86	95%
EGb170	EPAL	72 858 839	5 488 174	528	291 919	95 103 321	1 448,5	86 428	APU	CLVT	2,86	95%
EGb171	FAGAR - Faro	5 974 035	599 864	138	30 916	4 528 705	746,2	17 361	AMU	AA	3,00	100%
EGb172	Indaqua Fafe	3 015 750	274 831	264	14 435	1 476 684	576,8	13 778	AMU	N	3,00	100%
EGb173	Indaqua Feira	7 836 585	465 867	230	40 331	3 445 590	1 100,6	52 325	AMU	N	3,00	100%
EGb174	Indaqua Matosinhos	12 487 298	1 695 666	126	73 845	10 128 984	649,6	37 523	APU	N	2,71	90%
EGb175	Indaqua Santo Tirso/Trofa	8 471 404	177 065	52	22 585	2 189 915	582,6	26 842	AMU	N	2,86	95%
EGb176	Indaqua Vila do Conde	8 523 674	496 400	90	26 965	3 332 764	539,1	25 600	APU	N	3,00	100%
EGb177	INFRA LOBO	1 051 697	131 645	4	1 826	1 219 332	51,2	2 079	AMU	AA	2,71	90%
EGb178	INFRAMOURA	2 568 965	499 982	33	12 874	3 623 069	142,0	4 634	AMU	AA	2,57	86%
EGb179	INFRAQUINTA	1 615 029	122 744	31	1 674	1 254 833	63,9	1 844	AMU	AA	2,71	90%
EGb180	INFRATROIA	505 679	364 123	2	1 743	340 834	26,6	1 001	APR	AA	2,00	67%
EGb181	INOVA	1 697 079	1 164 066	77	18 026	2 822 095	668,1	22 838	APR	CLVT	2,86	95%
EGb182	Luságua Alcanena - Gestão de Águas	1 408 865	123 419	44	6 420	803 117	221,9	6 701	APR	CLVT	3,00	100%
EGb183	Penafiel Verde	2 939 940	521 933	574	17 690	1 855 162	485,8	16 853	AMU	N	2,43	81%
EGb184	SIMAS de Oeiras e Amadora	31 311 404	2 640 712	237	163 840	20 902 764	1 020,5	34 770	APU	CLVT	3,00	100%
EGb185	SM de Abrantes	4 973 801	890 091	156	19 751	2 087 671	719,9	17 582	AMU	CLVT	2,29	76%
EGb186	SM de Alcobaça	5 503 545	1 000 051	365	25 594	2 669 074	895,9	26 919	APR	CLVT	2,14	71%
EGb187	SM de Castelo Branco	6 747 372	1 361 888	128	33 463	3 570 292	803,8	27 022	AMU	CLVT	2,43	81%
EGb188	SM de Loures	25 200 177	5 856 256	623	153 230	17 773 707	1 343,8	66 038	APU	CLVT	2,71	90%
EGb189	SM de Nazaré	1 294 280	405 356	48	11 143	1 117 694	171,3	7 628	AMU	CLVT	2,57	86%
EGb190	SMAS de Almada	12 152 889	3 559 548	329	94 363	11 984 826	878,0	34 000	APU	CLVT	2,71	90%
EGb191	SMAS de Caldas da Rainha	4 182 438	1 022 943	276	25 087	3 804 072	589,3	21 323	AMU	CLVT	2,57	86%
EGb192	SMAS de Guarda	3 883 173	663 556	127	21 337	2 011 242	373,8	16 907	AMU	CLVT	2,43	81%
EGb193	SMAS de Leiria	6 784 023	2 887 734	680	54 067	6 158 603	1 807,3	53 631	AMU	CLVT	2,29	76%
EGb194	SMAS de Montijo	2 369 557	878 198	131	22 248	3 240 130	334,5	25 562	AMU	CLVT	2,14	71%
EGb195	SMAS de Peniche	3 965 345	932 555	59	18 066	2 401 752	253,4	15 482	AMU	CLVT	2,43	81%
EGb196	SMAS de Sintra	34 028 474	7 644 918	502	162 516	21 195 416	1 735,2	66 713	APU	CLVT	2,71	90%
EGb197	SMAS de Tomar	4 801 871	516 761	461	19 714	2 853 801	833,2	28 761	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb198	SMAS de Torres Vedras	7 857 006	1 251 613	426	35 873	4 000 710	1 397,5	33 036	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb199	SMAS de Vila Franca de Xira	12 691 413	1 813 251	331	61 535	8 278 815	459,1	23 328	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb200	SMAS de Viseu	5 519 150	2 720 174	212	36 607	6 384 330	1 167,8	45 536	AMU	CLVT	3,00	100%
EGb201	SMAT de Portalegre	2 915 816	612 220	224	12 034	1 718 400	247,6	9 207	AMU	AA	2,29	76%
EGb202	SMEAS da Maia	8 872 758	2 317 081	129	50 529	6 813 167	587,3	28 278	APU	N	2,00	67%
EGb203	SMSB de Viana do Castelo	3 591 103	563 855	467	37 361	5 041 728	874,4	26 991	AMU	N	3,00	100%
EGb204	Taviraverde	2 728 445	426 454	77	18 407	1 859 683	387,0	12 627	APR	AA	2,71	90%
EGb205	VIMÁGUA	7 495 618	895 434	262	50 843	6 972 672	1 360,6	58 526	AMU	N	2,71	90%
EGb206	VRSA, Sociedade de Gestão Urbana	3 587 806	682 585	32	18 366	1 943 023	203,0	9 874	AMU	AA	2,29	0,76
	Max	72 858 839	7 644 918	1 658	291 919	95 103 321	3 919,3	134 849	-	-	3,00	100%
	Min	83 758	7 500	0	1 216	97 851	7,3	1 001	-	-	1,29	43%
	μ	3 850 022	780 275	170	21 667	2 956 737	431,0	15 710	-	-	2,29	76%
	σ	7 358 898	1 104 450	217	34 841	7 673 721	467,2	17 359	-	-	0,45	15%

Tipologias em Baixa	
APU	21
AMU	59
APR	126
Total	206

CCDR em Baixa	
N	65
CLVT	74
AeA	67
Total	206

[ANEXO 5 - Tabela 5 de 5]

ANEXO 6 - Impactos no *Combo 1b* para diferentes combinações

DMU	Todos os outputs				/[A]		/[C]		/[E]		/[R]	
	[G]-[A][C][E][R]				[G]-[C][E][R]		[G]-[A][E][R]		[G]-[A][C][R]		[G]-[A][C][E]	
	Rank	Rank	ΔRank		Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank
EGb001	113	111	2		120	- 7		108	5		101	12
EGb002	162	160	2		191	- 29		159	3		159	3
EGb003	91	87	4		73	18		87	4		84	7
EGb004	119	117	2		92	27		124	- 5		103	16
EGb005	105	102	3		109	- 4		98	7		108	- 3
EGb006	51	49	2		70	- 19		116	- 65		46	5
EGb007	149	147	2		161	- 12		151	- 2		147	2
EGb008	135	134	1		122	13		130	5		143	- 8
EGb009	47	45	2		32	15		49	- 2		50	- 3
EGb010	201	200	1		200	1		201	0		193	8
EGb011	166	163	3		168	- 2		162	4		156	10
EGb012	180	176	4		154	26		175	5		175	5
EGb013	182	181	1		182	0		187	- 5		168	14
EGb014	120	118	2		144	- 24		141	- 21		114	6
EGb015	200	199	1		194	6		199	1		197	3
EGb016	145	177	- 32		119	26		146	- 1		134	11
EGb017	111	108	3		100	11		105	6		99	12
EGb018	96	92	4		123	- 27		95	1		93	3
EGb019	154	152	2		202	- 48		147	7		141	13
EGb020	197	197	0		184	13		195	2		191	6
EGb021	75	75	0		98	- 23		85	- 10		67	8
EGb022	190	188	2		177	13		191	- 1		185	5
EGb023	136	135	1		129	7		136	0		137	- 1
EGb024	151	149	2		149	2		145	6		144	7
EGb025	40	39	1		50	- 10		37	3		40	0
EGb026	103	103	0		107	- 4		102	1		94	9
EGb027	133	132	1		114	19		129	4		116	17
EGb028	76	76	0		105	- 29		72	4		69	7
EGb029	146	143	3		145	1		139	7		184	- 38
EGb030	168	180	- 12		139	29		160	8		167	1
EGb031	192	191	1		175	17		190	2		195	- 3
EGb032	199	198	1		196	3		198	1		200	- 1
EGb033	177	172	5		152	25		181	- 4		175	2
EGb034	115	112	3		180	- 65		115	0		98	17
EGb035	1	1	0		10	- 9		1	0		1	0
EGb036	32	31	1		19	13		30	2		25	7
EGb037	35	51	- 16		22	13		29	6		27	8
EGb038	37	36	1		33	4		32	5		55	- 18
EGb039	79	79	0		64	15		74	5		88	- 9
EGb040	127	125	2		93	34		117	10		133	- 6
EGb041	6	6	0		5	1		4	2		12	- 6
EGb042	65	63	2		57	8		60	5		86	- 21
EGb043	66	64	2		66	0		67	- 1		63	3
EGb044	90	91	- 1		73	17		99	- 9		74	16
EGb045	22	27	- 5		12	10		24	- 2		14	8
EGb046	58	57	1		39	19		59	- 1		54	4
EGb047	73	73	0		72	1		70	3		80	- 7
EGb048	86	83	3		84	2		82	4		121	- 35
EGb049	195	195	0		186	9		202	- 7		190	5
EGb050	202	202	0		190	12		200	2		196	6
(...)	(...)	(...)	(...)		(...)	(...)		(...)	(...)		(...)	(...)

[ANEXO 6 - Tabela 1 de 4]

DMU	Todos os outputs		/ [A]		/ [C]		/ [E]		/ [R]	
	[G]-[A][C][E][R]		[G]-[C][E][R]		[G]-[A][E][R]		[G]-[A][C][R]		[G]-[A][C][E]	
	Rank		Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
EGb051	15	15	0	9	6	13	2	16	- 1	
EGb052	21	20	1	16	5	19	2	15	6	
EGb053	194	194	0	197	- 3	191	3	198	- 4	
EGb054	185	183	2	178	7	182	3	180	5	
EGb055	171	166	5	188	- 17	164	7	183	- 12	
EGb056	71	70	1	62	9	66	5	65	6	
EGb057	24	23	1	25	- 1	21	3	35	- 11	
EGb058	84	94	- 10	67	17	80	4	72	12	
EGb059	143	173	- 30	117	26	149	- 6	131	12	
EGb060	45	43	2	125	- 80	44	1	41	4	
EGb061	95	114	- 19	78	17	90	5	96	- 1	
EGb062	1	1	0	1	0	12	- 11	1	0	
EGb063	172	167	5	157	15	166	6	178	- 6	
EGb064	175	169	6	170	5	170	5	192	- 17	
EGb065	188	187	1	166	22	186	2	188	0	
EGb066	46	44	2	46	0	51	- 5	52	- 6	
EGb067	120	118	2	127	- 7	111	9	145	- 25	
EGb068	152	150	2	162	- 10	171	- 19	140	12	
EGb069	63	62	1	63	0	54	9	60	3	
EGb070	144	142	2	130	14	136	8	153	- 9	
EGb071	67	65	2	53	14	62	5	90	- 23	
EGb072	93	99	- 6	75	18	110	- 17	82	11	
EGb073	123	121	2	104	19	112	11	128	- 5	
EGb074	11	10	1	24	- 13	9	2	10	1	
EGb075	162	160	2	185	- 23	157	5	174	- 12	
EGb076	38	37	1	40	- 2	42	- 4	38	0	
EGb077	31	30	1	21	10	26	5	32	- 1	
EGb078	113	110	3	102	11	156	- 43	106	7	
EGb079	112	109	3	95	17	142	- 30	111	1	
EGb080	196	196	0	189	7	193	3	199	- 3	
EGb081	68	66	2	44	24	63	5	70	- 2	
EGb082	100	98	2	131	- 31	94	6	122	- 22	
EGb083	126	124	2	174	- 48	114	12	115	11	
EGb084	102	100	2	136	- 34	104	- 2	92	10	
EGb085	52	55	- 3	34	18	47	5	49	3	
EGb086	69	68	1	82	- 13	65	4	57	12	
EGb087	43	42	1	51	- 8	40	3	44	- 1	
EGb088	204	204	0	201	3	204	0	206	- 2	
EGb089	116	115	1	106	10	123	- 7	118	- 2	
EGb090	19	18	1	41	- 22	18	1	23	- 4	
EGb091	5	5	0	4	1	10	- 5	5	0	
EGb092	26	32	- 6	13	13	22	4	29	- 3	
EGb093	23	22	1	26	- 3	20	3	31	- 8	
EGb094	94	89	5	96	- 2	96	- 2	95	- 1	
EGb095	139	138	1	111	28	161	- 22	123	16	
EGb096	206	206	0	204	2	206	0	205	1	
EGb097	98	95	3	135	- 37	106	- 8	101	- 3	
EGb098	141	140	1	121	20	134	7	157	- 16	
EGb099	1	1	0	1	0	1	0	1	0	
EGb100	83	82	1	110	- 27	93	- 10	79	4	
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	

[ANEXO 6 - Tabela 2 de 4]

DMU	Todos os outputs		/ [A]		/ [C]		/ [E]		/ [R]	
	[G]-[A][C][E][R]		[G]-[C][E][R]		[G]-[A][E][R]		[G]-[A][C][R]		[G]-[A][C][E]	
	Rank		Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
EGb101	44	50	- 6	28	16	41	3	45	- 1	
EGb102	14	14	0	17	- 3	14	0	11	3	
EGb103	10	9	1	7	3	7	3	73	- 63	
EGb104	198	201	- 3	183	15	196	2	201	- 3	
EGb105	118	116	2	90	28	109	9	203	- 85	
EGb106	117	137	- 20	89	28	121	- 4	100	17	
EGb107	173	168	5	157	16	168	5	186	- 13	
EGb108	64	71	- 7	42	22	57	7	66	- 2	
EGb109	41	40	1	55	- 14	48	- 7	37	4	
EGb110	97	93	4	79	18	91	6	119	- 22	
EGb111	54	56	- 2	36	18	83	- 29	48	6	
EGb112	61	60	1	54	7	52	9	83	- 22	
EGb113	106	128	- 22	86	20	100	6	130	- 24	
EGb114	16	16	0	43	- 27	15	1	13	3	
EGb115	20	19	1	14	6	34	- 14	17	3	
EGb116	60	59	1	48	12	55	5	61	- 1	
EGb117	174	178	- 4	142	32	169	5	169	5	
EGb118	74	74	0	52	22	77	- 3	62	12	
EGb119	153	151	2	153	0	197	- 44	142	11	
EGb120	138	143	- 5	108	30	132	6	124	14	
EGb121	88	85	3	69	19	84	4	132	- 44	
EGb122	33	33	0	27	6	43	- 10	30	3	
EGb123	1	1	0	1	0	1	0	1	0	
EGb124	13	13	0	18	- 5	39	- 26	9	4	
EGb125	109	106	3	112	- 3	101	8	125	- 16	
EGb126	87	84	3	134	- 47	88	- 1	89	- 2	
EGb127	78	78	0	76	2	79	- 1	78	0	
EGb128	176	171	5	148	28	172	4	164	12	
EGb129	89	97	- 8	71	18	86	3	87	2	
EGb130	120	118	2	103	17	127	- 7	117	3	
EGb131	128	126	2	94	34	118	10	120	8	
EGb132	70	69	1	56	14	64	6	127	- 57	
EGb133	55	67	- 12	38	17	71	- 16	51	4	
EGb134	123	121	2	133	- 10	138	- 15	112	11	
EGb135	7	11	- 4	6	1	5	2	6	1	
EGb136	36	35	1	49	- 13	36	0	36	0	
EGb137	155	153	2	181	- 26	153	2	149	6	
EGb138	104	101	3	91	13	97	7	104	0	
EGb139	99	96	3	80	19	92	7	97	2	
EGb140	27	26	1	23	4	27	0	20	7	
EGb141	17	21	- 4	11	6	16	1	18	- 1	
EGb142	12	12	0	15	- 3	11	1	21	- 9	
EGb143	53	52	1	35	18	58	- 5	47	6	
EGb144	77	77	0	88	- 11	73	4	85	- 8	
EGb145	34	34	0	77	- 43	28	6	24	10	
EGb146	30	29	1	30	0	33	- 3	28	2	
EGb147	187	186	1	171	16	185	2	194	- 7	
EGb148	179	175	4	146	33	173	6	182	- 3	
EGb149	25	24	1	29	- 4	31	- 6	19	6	
EGb150	82	86	- 4	65	17	76	6	76	6	
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	

[ANEXO 6 - Tabela 3 de 4]

DMU	Todos os outputs		/ [A]		/ [C]		/ [E]		/ [R]		
	[G]-[A][C][E][R]		[G]-[C][E][R]		[G]-[A][E][R]		[G]-[A][C][R]		[G]-[A][C][E]		
	Rank	Rank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	Rank	ΔRank	
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	
EGb151	167	190	- 23		138	29		184	- 17	154	13
EGb152	169	165	4		193	- 24		167	2	161	8
EGb153	157	155	2		155	2		150	7	189	- 32
EGb154	100	113	- 13		81	19		125	- 25	91	9
EGb155	57	54	3		59	- 2		50	7	68	- 11
EGb156	49	47	2		101	- 52		45	4	59	- 10
EGb157	108	105	3		124	- 16		107	1	109	- 1
EGb158	160	158	2		163	- 3		153	7	166	- 6
EGb159	85	88	- 3		68	17		81	4	77	8
EGb160	140	139	1		115	25		133	7	139	1
EGb161	134	133	1		116	18		128	6	150	- 16
EGb162	48	46	2		45	3		69	- 21	42	6
EGb163	29	28	1		47	- 18		23	6	26	3
EGb164	59	58	1		61	- 2		61	- 2	56	3
EGb165	8	7	1		8	0		6	2	7	1
EGb166	123	121	2		128	- 5		112	11	146	- 23
EGb167	110	107	3		99	11		103	7	107	3
EGb168	107	104	3		113	- 6		120	- 13	105	2
EGb169	158	156	2		169	- 11		152	6	173	- 15
EGb170	50	48	2		195	- 145		46	4	43	7
EGb171	132	130	2		151	- 19		143	- 11	112	20
EGb172	156	154	2		150	6		174	- 18	152	4
EGb173	147	145	2		132	15		140	7	160	- 13
EGb174	137	136	1		140	- 3		131	6	126	11
EGb175	205	205	0		203	2		205	0	204	1
EGb176	203	203	0		199	4		203	0	202	1
EGb177	72	72	0		205	- 133		68	4	58	14
EGb178	41	40	1		172	- 131		38	3	34	7
EGb179	150	148	2		206	- 56		144	6	138	12
EGb180	181	179	2		198	- 17		177	4	162	19
EGb181	9	8	1		20	- 11		8	1	8	1
EGb182	148	146	2		164	- 16		148	0	148	0
EGb183	129	127	2		118	11		119	10	129	0
EGb184	183	183	0		166	17		179	4	165	18
EGb185	193	192	1		187	6		194	- 1	187	6
EGb186	165	162	3		160	5		165	0	163	2
EGb187	178	174	4		156	22		176	2	171	7
EGb188	164	164	0		137	27		158	6	151	13
EGb189	80	80	0		60	20		75	5	71	9
EGb190	92	90	2		87	5		89	3	81	11
EGb191	81	81	0		126	- 45		78	3	75	6
EGb192	170	170	0		141	29		163	7	158	12
EGb193	56	53	3		58	- 2		56	0	53	3
EGb194	18	17	1		37	- 19		17	1	33	- 15
EGb195	161	159	2		173	- 12		155	6	177	- 16
EGb196	189	189	0		179	10		188	1	179	10
EGb197	131	129	2		147	- 16		122	9	135	- 4
EGb198	159	157	2		159	0		178	- 19	155	4
EGb199	186	185	1		176	10		183	3	170	16
EGb200	39	38	1		83	- 44		35	4	39	0
EGb201	184	182	2		192	- 8		180	4	172	12
EGb202	142	141	1		143	- 1		135	7	136	6
EGb203	28	25	3		31	- 3		25	3	22	6
EGb204	130	131	- 1		97	33		126	4	110	20
EGb205	62	61	1		85	- 23		53	9	64	- 2
EGb206	191	193	- 2		165	26		189	2	181	10

[ANEXO 6 - Tabela 4 de 4]

ANEXO 7 - Combo 1a – Env. Model/Value-based Model (CRS e VRS)

C1a - Gastos totais em Alta [G] - [C] [E]							
Envelopment Model - Eficiência de Input (%)							
DMU	Descrição	CRS & Super Ef.		VRS	Escala	RTS	Tipologia
EGa01	Águas de Santo André	30,75	-	58,55	52,51	CRS	APR
EGa02	Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	43,95	-	73,81	59,55	DRS	APR
EGa03	Águas do Algarve	44,50	-	73,96	60,16	DRS	AMU
EGa04	Águas do Centro	53,84	-	87,12	61,81	DRS	AMU
EGa05	Águas do Centro Alentejo	30,62	-	53,07	57,69	DRS	APR
EGa06	Águas do Douro e Paiva	51,49	-	82,48	62,43	DRS	APU
EGa07	Águas do Mondego	44,62	-	69,79	63,94	DRS	AMU
EGa08	Águas do Noroeste	30,15	-	67,17	44,89	DRS	AMU
EGa09	Águas do Norte Alentejano	45,19	-	66,62	67,83	DRS	APR
EGa10	Águas do Oeste	24,47	-	43,11	56,76	DRS	AMU
EGa11	Águas do Vouga	65,62	-	90,74	72,32	DRS	AMU
EGa12	Águas do Zêzere e Coa	65,77	-	100,00	65,77	DRS	APR
EGa13	Águas Públicas do Alentejo	42,97	-	82,36	52,17	DRS	APR
EGa14	EPAL	63,15	-	100,00	63,15	DRS	APU
EGa15	ICOVI	100,00	221,36	100,00	100,00	CRS	APR

C1a - Gastos totais em Alta [G] - [C] [E]							
Value-based Model - Eficiência de Input							
DMU	Descrição	CRS			VRS		
		V _[G]	U _[C]	U _[E]	V _[G]	U _[C]	U _[E]
EGa01	Águas de Santo André	1,000	0,304	-	1,000	-	-
EGa02	Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	0,995	-	0,440	0,995	0,402	0,464
EGa03	Águas do Algarve	0,948	0,638	-	0,948	0,638	0,111
EGa04	Águas do Centro	1,047	-	0,538	1,047	0,346	0,568
EGa05	Águas do Centro Alentejo	0,998	-	0,306	0,998	0,373	0,323
EGa06	Águas do Douro e Paiva	0,857	1,001	-	0,857	1,001	0,082
EGa07	Águas do Mondego	1,016	0,457	-	1,016	0,685	0,134
EGa08	Águas do Noroeste	1,034	0,354	-	1,034	0,354	0,266
EGa09	Águas do Norte Alentejano	0,977	-	0,452	0,977	0,314	0,477
EGa10	Águas do Oeste	0,932	0,259	-	0,932	0,259	0,115
EGa11	Águas do Vouga	1,000	0,672	-	1,000	1,056	-
EGa12	Águas do Zêzere e Coa	1,003	-	0,658	1,003	0,337	0,694
EGa13	Águas Públicas do Alentejo	0,939	-	0,430	0,939	0,372	0,453
EGa14	EPAL	0,722	-	-	0,722	-	-
EGa15	ICOVI	0,999	0,988	-	0,999	1,498	1,055

ANEXO 8 - Combo 1a - λ , Valores-alvo e Folgas (CRS)

C1a - Gastos totais em Alta [G] - [C] [E]													
Benchmark Peers, Targets e Slacks - Eficiência de Input CRS													
DMU	λ	[G]	[G]*	Slack [G]	Δ [G]	[C]	[C]*	Slack [C]	Δ [C]	[E]	[E]*	Slack [E]	Δ [E]
	EGa15	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(%)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(%)	(km)	(km)	(km)	(%)
EGa01	0,530	1 282 206	394 255	-	- 69	1 788 364	1 788 364	-	0	26	57	31	120
EGa02	11,650	19 900 376	8 746 920	-	- 56	20 096 367	39 676 592	19580 225	97	1 270	1 270	-	0
EGa03	18,730	31 601 174	14 060 989	-	- 56	63 781 553	63 781 553	-	0	482	2 041	1 559	323
EGa04	10,730	14 955 799	8 052 621	-	- 46	17 283 533	36 527 210	19243 677	111	1 169	1 169	-	0
EGa05	2,540	6 240 512	1 910 698	-	- 69	7 461 910	8 667 050	1205 140	16	277	277	-	0
EGa06	29,400	42 872 905	22 075 386	-	- 49	100 135 374	100 135 374	-	0	482	3 205	2 723	565
EGa07	6,710	11 284 765	5 035 620	-	- 55	22 841 897	22 841 897	-	0	207	731	524	252
EGa08	10,390	25 861 582	7 798 341	-	- 70	35 373 779	35 373 779	-	0	946	1 132	186	20
EGa09	4,520	7 517 964	3 397 103	-	- 55	7 852 905	15 409 477	7556 572	96	493	493	-	0
EGa10	7,590	23 301 306	5 702 075	-	- 76	25 864 979	25 864 979	-	0	369	828	459	124
EGa11	2,820	3 224 454	2 115 865	-	- 34	9 597 701	9 597 701	-	0	109	307	198	181
EGa12	12,550	14 328 760	9 423 998	-	- 34	16 839 318	42 747 865	25908 547	154	1 368	1 368	-	0
EGa13	7,670	13 409 826	5 761 712	-	- 57	18 591 073	26 135 499	7544 426	41	837	837	-	0
EGa14	60,730	72 205 581	45 597 819	-	- 37	206 834 648	206 834 648	-	0	710	6 620	5 910	832
EGa15	1,000	750 779	750 779	-	0	3 405 582	3 405 582	-	0	109	109	-	0

ANEXO 9 - Combo 1a - λ , Valores-alvo e Folgas (VRS)

C1a - Gastos totais em Alta [G] - [C] [E]															
Benchmark Peers, Targets e Slacks - Eficiência de Input VRS															
DMU	λ			[G]	[G]*	Slack [G]	Δ [G]	[C]	[C]*	Slack [C]	Δ [C]	[E]	[E]*	Slack [E]	Δ [E]
	EGa12	EGa14	EGa15	(€/ano)	(€/ano)	(€/ano)	(%)	(m³/ano)	(m³/ano)	(m³/ano)	(%)	(km)	(km)	(km)	(%)
EGa01	-	-	1,000	1 282 206	750 779	-	- 41	1 788 364	3 405 582	1617 218	90	26	109	83	319
EGa02	0,910	0,020	0,070	19 900 376	14 688 735	-	- 26	20 096 367	20 096 367	-	0	1 270	1 270	-	0
EGa03	0,160	0,290	0,550	31 601 174	23 371 955	-	- 26	63 781 553	63 781 553	-	0	482	482	-	0
EGa04	0,840	0,010	0,150	14 955 799	13 028 832	-	- 13	17 283 533	17 283 533	-	0	1 169	1 169	-	0
EGa05	0,130	0,010	0,860	6 240 512	3 311 859	-	- 47	7 461 910	7 461 910	-	0	277	277	-	0
EGa06	0,070	0,470	0,460	42 872 905	35 362 108	-	- 18	100 135 374	100 135 374	-	0	482	482	-	0
EGa07	0,030	0,090	0,870	11 284 765	7 875 309	-	- 30	22 841 897	22 841 897	-	0	207	207	-	0
EGa08	0,610	0,120	0,270	25 861 582	17 371 647	-	- 33	35 373 779	35 373 779	-	0	946	946	-	0
EGa09	0,300	-	0,690	7 517 964	5 008 543	-	- 33	7 852 905	7 852 905	-	0	493	493	-	0
EGa10	0,160	0,100	0,740	23 301 306	10 045 519	-	- 57	25 864 979	25 864 979	-	0	369	369	-	0
EGa11	-	0,030	0,970	3 224 454	2 925 771	-	- 9	9 597 701	9 597 701	-	0	109	127	18	17
EGa12	1,000	-	-	14 328 760	14 328 760	-	0	16 839 318	16 839 318	-	0	1 368	1 368	-	0
EGa13	0,560	0,040	0,400	13 409 826	11 043 760	-	- 18	18 591 073	18 591 073	-	0	837	837	-	0
EGa14	-	1,000	-	72 205 581	72 205 581	-	0	206 834 648	206 834 648	-	0	710	710	-	0
EGa15	-	-	1,000	750 779	750 779	-	0	3 405 582	3 405 582	-	0	109	109	-	0

ANEXO 10 - Combo 1a - Unidades de referência e indicadores ERSAR

ICoVI	Águas do Zézeze e Coa	EPAL	
EGa15	EGa12	EGa14	Unidades de referência Combo 1 - Gastos Totais
APR	APR	APU	Tipologia
100,00	65,77	63,15	Eficiência CRS
221,36	65,77	63,15	Super-Eficiência CRS
100,00	100,00	100,00	Eficiência VRS
100,00	65,77	63,15	Eficiência de Escala
CRS	DRS	DRS	RTS
15 (13)	0 (11)	0 (12)	Frequência como <i>benchmark peer</i> CRS (VRS)
100	97	NA	AA01a Acessibilidade física do serviço [%]
0,20	0,36	0,15	AA02a Acessibilidade económica do serviço [%]
0,00	0,05	0,02	AA03a Ocorrência de falhas no abastecimento [/(ponto de entrega.ano)]
99,2	100,0	99,8	AA04a Água segura [%]
NA	95	100	AA05a Resposta a reclamações e sugestões [%]
1,2	1,0	1,4	AA06a Cobertura dos gastos totais [-]
100,0	90,3	NA	AA07a Adesão ao serviço [%]
5,0	7,6	5,2	AA08a Água não faturada [%]
50	40	78	AA09a Adequação da capacidade de tratamento [%]
0,5	0,2	0,2	AA10a Reabilitação de condutas [%/ano]
45	26	2	AA11a Ocorrência de avarias em condutas [/(100 km.ano)]
1,1	4,2	1,7	AA12a Adequação dos recursos humanos [/(10 ⁶ m ³ .ano)]
4,5	2,8	34,9	AA13a Perdas reais de água [m ³ /(km.dia)]
0	31	100	AA14a Cumprimento do licenciamento das captações [%]
0,69	0,37	0,38	AA15a Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ .100m)]
NA	100	100	AA16a Destino de lamas do tratamento [%]

ANEXO 11 - Combo 1b - Unidades de referência e indicadores ERSAR

CM de Alcochete	CM de Castro Daire	CM de Moita	CM de Ponte da Barca	Águas da Região de Aveiro	Águas do Ribatejo	CM de Barrancos	CM de Bragança	CM de Mora	CM de Pombal	CM de Ponte de Lima	CM de Seixal	EPAL	INOVA	SM de Loures	SMAS de Leiria	Unidades de referência Combo 1 - Gastos Totais	
EGb035	EGb062	EGb099	EGb123	EGb005	EGb025	EGb051	EGb057	EGb103	EGb122	EGb124	EGb140	EGb170	EGb181	EGb188	EGb193	Tipologia	
AMU	APR	APU	APR	AMU	AMU	APR	APR	APR	APR	APR	APU	APU	APR	APU	AMU	Eficiência CRS	
100,00	100,00	100,00	100,00	35,83	54,67	75,82	65,02	83,80	59,48	77,62	63,02	50,12	84,22	27,76	48,85	Super-Eficiência CRS	
100,90	176,25	127,60	123,19	35,83	54,67	75,82	65,02	83,80	59,48	77,62	63,02	50,12	84,22	27,76	48,85	Eficiência VRS	
100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Eficiência de Escala	
100,00	100,00	100,00	100,00	35,83	54,67	75,82	65,02	83,80	59,48	77,62	63,02	50,12	84,22	27,76	48,85	RTS	
CRS	CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	IRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	Frequência como benchmark peer CRS (VRS)	
88 (5)	94 (31)	126 (58)	184 (65)	0 (6)	0 (98)	0 (113)	0 (8)	0 (16)	0 (118)	0 (6)	0 (27)	0 (13)	0 (78)	0 (7)	0 (2)		
NR	95	100	100	99	95	100	94	93	100	68	100	100	99	100	99	AA01b	Acessibilidade física do serviço
0,21	0,34	0,38	0,51	0,49	0,4	0,18	0,36	0,17	0,42	0,32	0,32	0,17	0,37	0,51	0,39	AA02b	Acessibilidade económica do serviço
NR	0	0	0	0,3	1,4	0	0,1	NR	0,1	NR	0,7	0,9	0,1	1,5	1,1	AA03b	Ocorrência de falhas no abast.
99,35	98,86	99,17	95,52	99,58	99,56	98,97	99,53	98,45	99,77	98,59	99,97	99,33	99,87	99,85	99,74	AA04b	Água segura
61	NA	100	0	100	98	NA	86	NA	100	0	97	100	93	92	81	AA05b	Resposta a reclamações e sugestões
1,9	0,6	1,9	0,6	1,3	1,5	0,4	1	0,4	1,1	1	1,5	1,1	1,5	1,1	1,3	AA06b	Cobertura dos gastos totais
NR	71,9	87,8	59,7	76	85,6	94,5	99,6	91,2	60,6	85,3	93,1	90,4	88,1	91,2	81	AA07b	Adesão ao serviço
29,8	24,1	35,8	35,1	39,2	37,6	36,3	52,3	37,1	43,8	38	32,8	7,9	35	39	40,2	AA08b	Água não faturada
NA	NA	NA	NA	NA	NR	NA	85	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	90	AA09b	Adequação da capacidade de trat.
NR	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0	2,1	NR	0,1	0,4	0,1	1,8	0,2	0,7	0,3	AA10b	Reabilitação de condutas
23	2	29	0	34	56	0	26	11	18	NR	25	36	12	46	38	AA11b	Ocorrência de avarias em condutas
4,2	1,3	3,4	1,7	1,4	1,6	3,1	1,0	1,1	0,8	1,8	2,7	5,4	1,6	5,4	2	AA12b	Adequação dos recursos humanos
147,0*	0,2**	150,0*	79,0*	134,0*	185,0*	65,0*	96,0*	45,0*	107,0*	1,5**	91,0*	174,0*	140,0*	243,0*	148*	AA13b	Perdas reais de água
0	0	0	0	0	68	NA	72	0	0	1	0	NA	100	NA	0	AA14b	Cumprimento do licenciam. das capt.
0,58	NR	0,83	0,34	0,38	0,53	NA	0,51	0,59	0,60	0,68	0,45	0,38	0,42	0,50	0,50	AA15b	Eficiência energ. de inst. elevatórias
NA	NA	NA	NA	NA	100	NA	100	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	AA16b	Destino de lamas do tratamento

Unidades dos Indicadores

AA01b	[%]	AA05b	[%]	AA09b	[%]	AA13b	[l/(ramal.dia)]* [m³/(km.dia)]**
AA02b	[%]	AA06b	[-]	AA10b	[%/ano]	AA14b	[%]
AA03b	[/(1000 ramais.ano)]	AA07b	[%]	AA11b	[/(100 km.ano)]	AA15b	[kWh/(m3.100m)]
AA04b	[%]	AA08b	[%]	AA12b	[/1000 ramais]	AA16b	[%]

ANEXO 12 - Combo 2a - Unidades de referência e indicadores ERSAR

Águas do Centro	Águas do Noroeste	Águas do Vouga	Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro	Águas do Algarve	Águas do Douro e Paiva	Águas do Zézere e Coa	EPAL	
EGa04	EGa08	EGa11	EGa02	EGa03	EGa06	EGa12	EGa14	Unidades de referência Combo 2 - Perdas reais
AMU	AMU	AMU	APR	AMU	APU	APR	APU	Tipologia
100,00	100,00	100,00	79,76	43,10	28,42	43,92	12,87	Eficiência CRS
102,69	100,84	216,44	-	-	-	-	-	Super-Eficiência CRS
100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Eficiência VRS
100,00	100,00	100,00	79,76	43,10	28,42	43,92	12,87	Eficiência de Escala
CRS	CRS	CRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	RTS
7 (4)	8 (4)	7 (8)	0 (1)	0 (3)	0 (1)	0 (1)	0 (1)	Frequência como <i>benchmark peer</i> CRS (VRS)
0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	AA03a Ocorrência de falhas no abastecimento [/(ponto de entrega.ano)]
0,3	0,0	0,2	1,0	0,4	0,0	0,2	0,2	AA10a Reabilitação de condutas [%/ano]
12	2	6	8	2	2	26	2	AA11a Ocorrência de avarias em condutas [/(100 km.ano)]
1,2	1,2	1,4	1,5	4,7	11,3	2,8	34,9	AA13a Perdas reais de água [m³/(km.dia)]

ANEXO 13 - Combo 2b - Unidades de referência e indicadores ERSAR

CM de Boticas	Águas da Região de Aveiro	Águas de Barcelos	Águas de Cascais	Águas de Gondomar	Águas do Planalto	CM de Castro Daire	CM de Valpaços	EPAL	Indaqua Feira	Indaqua Santo Tirso/Trofa	VIMÁGUA	
EGB056	EGB005	EGB008	EGB010	EGB012	EGB023	EGB062	EGB151	EGB170	EGB173	EGB175	EGB205	Unidades de referência Combo 1 - Gastos Totais
APR	AMU	AMU	APU	APU	APR	APR	APR	APU	AMU	AMU	AMU	Tipologia
100,00	3,94	14,01	21,13	23,14	15,93	77,13	88,69	10,43	21,27	28,70	12,38	Eficiência CRS
169,88	3,94	14,01	21,13	23,14	15,93	77,13	88,69	10,43	21,27	28,70	12,38	Super-Eficiência CRS
100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	Eficiência VRS
100,00	3,94	14,01	21,13	23,14	15,93	77,13	88,69	10,43	21,27	28,70	12,38	Eficiência de Escala
CRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	DRS	RTS
206 (109)	0 (7)	0 (3)	0 (17)	0 (58)	0 (8)	0 (28)	0 (143)	0 (6)	0 (13)	0 (39)	0 (5)	Frequência como benchmark peer CRS (VRS)
0,0	0,3	1,8	1,6	0,1	0,4	0,0	NR	0,9	0,6	0,3	0,0	AA03b Ocorrência de falhas no abastecimento
3,6	0,3	0,3	1,3	1,7	1,6	0,2	0,9	1,8	0,3	0,3	0,5	AA10b Reabilitação de condutas
0	34	7	35	21	46	2	17	36	21	9	19	AA11b Ocorrência de avarias em condutas
5	134	37	61	34	36	0,2*	9	174	24	18	42	AA13b Perdas reais de água

Unidades dos Indicadores

AA03b	[(1000 ramais.ano)]
AA10b	[%/ano]
AA11b	[(100 km.ano)]
AA13b	[(ramal.dia)] [m³/(km.dia)]*

ANEXO 14 - Combo 3a - Unidades de referência e indicadores ERSAR

λ	Tip	CRS		VRS		RTS	Freq. CRS (VRS)	AA01b	AA02b	AA03b	AA04b	AA05b	AA06b	AA07b	AA08b	AA10b	AA11b	AA12b	AA13b
		ETI (%)	Super-Ef. (%)	ETI (%)	EEI (%)														
EGa02	APR	100,00	111,03	100,00	100,00	CRS	2 (1)	81	0,37	0	99,95	58	1,2	100	3,4	1	8	5,1	1,5
EGa03	AMU	100,00	130,80	100,00	100,00	CRS	1 (2)	99	0,2	0	99,89	81	1,1	99,4	4,8	0,4	2	2,5	4,7
EGa04	AMU	100,00	124,92	100,00	100,00	CRS	5 (5)	100	0,33	0,03	99,96	100	0,9	98,6	3,1	0,3	12	4,1	1,2
EGa06	APU	100,00	134,29	100,00	100,00	CRS	1 (1)	100	0,14	0	99,99	100	1,1	94,5	2,3	0	2	1,4	11,3
EGa07	AMU	100,00	192,07	100,00	100,00	CRS	1 (1)	85	0,18	0,7	99,92	100	1,3	90,9	4,2	0	1	1,6	10,6
EGa08	AMU	100,00	215,32	100,00	100,00	CRS	2 (2)	80	0,23	0	99,52	95	1	69,7	4,6	0	2	3,3	1,2
EGa11	AMU	100,00	216,65	100,00	100,00	CRS	5 (5)	NA	0,13	0	100	NA	1,3	79,3	0,6	0,2	6	1	1,4
EGa14	APU	100,00	139,67	100,00	100,00	CRS	1 (1)	NA	0,15	0,02	99,84	100	1,4	NA	5,2	0,2	2	1,7	34,9
EGa15	APR	100,00	221,36	100,00	100,00	CRS	5 (1)	100	0,2	0	99,2	NA	1,2	100	5	0,5	45	1,1	4,5
EGa12	APR	99,01	99,01	100,00	99,01	DRS	0 (4)	97	0,36	0,05	100	95	1	90,3	7,6	0,2	26	4,2	2,8

AA01a Acessibilidade física do serviço [%]

AA02a Acessibilidade económica do serviço [%]

AA03a Ocorrência de falhas no abastecimento [/(ponto de entrega.ano)]

AA04a Água segura [%]

AA05a Resposta a reclamações e sugestões [%]

AA06a Cobertura dos gastos totais [-]

AA07a Adesão ao serviço [%]

AA08a Água não faturada [%]

AA10a Reabilitação de condutas [%/ano]

AA11a Ocorrência de avarias em condutas [/(100 km.ano)]

AA12a Adequação dos recursos humanos [/(10⁶m³.ano)]

AA13a Perdas reais de água [m³/(km.dia)]

ANEXO 15 - Combo 3b - Unidades de referência e indicadores ERSAR

λ	Tip	CRS		VRS		RTS	Frequência	AA01b	AA02b	AA03b	AA04b	AA05b	AA06b	AA07b	AA08b	AA10b	AA11b	AA12b	AA13b
		ETI	Super-Ef.	ETI	EEl														
		(%)	(%)	(%)	(%)														
EGb010	APU	100,00	101,40	100,00	100,00	CRS	1 (2)	100	0,31	1,6	99,94	99	1,1	93,7	15,1	1,3	35	3,4	61
EGb012	APU	100,00	106,30	100,00	100,00	CRS	3 (13)	100	0,69	0,1	99,96	100	1,2	94,1	15,9	1,7	21	2,9	34
EGb016	AMU	100,00	112,56	100,00	100,00	CRS	8 (2)	77	0,53	0,0	99,80	100	1,1	65,0	18,2	0,5	6	2,5	62
EGb035	AMU	100,00	113,48	100,00	100,00	CRS	59 (33)	NR	0,21	NR	99,35	61	1,9	NR	29,8	NR	23	4,2	147
EGb041	APR	100,00	118,31	100,00	100,00	CRS	60 (38)	99	0,61	0,0	96,91	NA	1,6	88,7	20,2	0,5	36	2,2	34
EGb062	APR	100,00	470,07	100,00	100,00	CRS	152 (131)	95	0,34	0,0	98,86	NA	0,6	71,9	24,1	0,2	2	1,3	0,2*
EGb077	APR	100,00	169,62	100,00	100,00	CRS	21 (16)	94	0,30	0,0	98,97	100	0,6	99,1	64,8	0,3	3	1,9	310
EGb099	APU	100,00	138,55	100,00	100,00	CRS	85 (28)	100	0,38	0,0	99,17	100	1,9	87,8	35,8	0,5	29	3,4	150
EGb103	APR	100,00	114,38	100,00	100,00	CRS	21 (24)	93	0,17	NR	98,45	NA	0,4	91,2	37,1	NR	11	1,1	45
EGb120	AMU	100,00	177,27	100,00	100,00	CRS	29 (15)	NR	0,17	1,6	97,92	NA	0,3	NR	36,3	NR	2	6,0	134
EGb135	APR	100,00	103,81	100,00	100,00	CRS	12 (9)	100	0,67	0,9	97,45	NA	1,4	89,0	68,6	0,0	20	1,4	312
EGb140	APU	100,00	102,57	100,00	100,00	CRS	9 (26)	100	0,32	0,7	99,97	97	1,5	93,1	32,8	0,1	25	2,7	91
EGb151	APR	100,00	248,29	100,00	100,00	CRS	15 (11)	98	0,68	NR	91,74	100	0,4	84,5	20,4	0,9	17	2,3	9
EGb165	APR	100,00	114,13	100,00	100,00	CRS	55 (41)	95	0,57	0,1	99,66	NA	0,3	99,4	67,0	6,4	6	1,6	142
EGb170	APU	100,00	168,93	100,00	100,00	CRS	73 (60)	100	0,17	0,9	99,33	100	1,1	90,4	7,9	1,8	36	5,4	174
EGb175	AMU	100,00	121,66	100,00	100,00	CRS	11 (7)	87	0,77	0,3	100,00	100	1,1	64,1	15,9	0,3	9	1,5	18
EGb177	AMU	100,00	171,71	100,00	100,00	CRS	11 (7)	100	0,53	0,5	99,68	74	1,5	100,0	27,5	7,3	8	4,9	173
EGb184	APU	100,00	100,39	100,00	100,00	-	1 (3)	100	0,33	0,7	99,50	96	1,0	94,1	20,9	2,3	23	6,3	208
EGb203	AMU	100,00	104,06	100,00	100,00	CRS	37 (28)	94	0,37	0,1	99,26	100	1,4	82,2	24,0	1,5	53	3,0	57
EGb005	AMU	41,32	41,32	100,00	41,32	DRS	0 (3)	99	0,49	0,3	99,58	100	1,3	76,0	39,2	0,3	34	1,4	134
EGb008	AMU	82,03	82,03	100,00	82,03	DRS	0 (13)	92	0,59	1,8	100,00	98	1,1	72,6	20,4	0,3	7	1,3	37
EGb020	APU	97,64	97,64	100,00	97,64	DRS	0 (2)	99	0,50	0,0	100,00	100	0,8	91,1	14,4	0,2	11	2,0	72
EGb023	APR	58,68	58,68	100,00	58,68	DRS	0 (3)	94	0,93	0,4	98,50	100	1,2	72,0	23,6	1,6	46	1,4	36
EGb024	APU	76,41	76,41	100,00	76,41	DRS	0 (1)	100	0,30	0,3	98,91	100	1,4	90,0	23,5	3,5	40	3,4	114
EGb025	AMU	60,08	60,08	100,00	60,08	DRS	0 (4)	95	0,40	1,4	99,56	98	1,5	85,6	37,6	0,4	56	1,6	185
EGb027	APU	99,81	99,81	100,00	99,81	DRS	0 (18)	100	0,42	0,2	100,00	38	1,3	84,7	28,9	NR	12	2,5	133
EGb057	APR	73,30	73,30	100,00	73,30	DRS	0 (9)	94	0,36	0,1	99,53	86	1,0	99,6	52,3	2,1	26	1,0	96
EGb116	APR	87,35	87,35	100,00	87,35	DRS	0 (2)	99	0,55	0,2	98,30	100	0,8	98,3	42,0	0,8	5	1,7	115
EGb122	APR	65,20	65,20	100,00	65,20	DRS	0 (6)	100	0,42	0,1	99,77	100	1,1	60,6	43,8	0,1	18	0,8	107
EGb173	AMU	73,57	73,57	100,00	73,57	DRS	0 (3)	95	0,67	0,6	99,73	99	1,3	70,0	22,2	0,3	21	0,9	24
EGb181	APR	92,70	92,70	100,00	92,70	DRS	0 (25)	99	0,37	0,1	99,87	93	1,5	88,1	35,0	0,2	12	1,6	140
EGb188	APU	53,95	53,95	100,00	53,95	DRS	0 (3)	100	0,51	1,5	99,85	92	1,1	91,2	39,0	0,7	46	5,4	243
EGb193	AMU	53,94	53,94	100,00	53,94	DRS	0 (1)	99	0,39	1,1	99,74	81	1,3	81,0	40,2	0,3	38	2,0	148
EGb194	AMU	74,16	74,16	100,00	74,16	DRS	0 (2)	95	0,24	0,5	98,56	100	1,3	87,6	39,1	1,4	39	2,4	94
EGb200	AMU	63,81	63,81	100,00	63,81	DRS	0 (1)	98	0,31	0,0	98,85	28	1,3	69,5	38,2	0,4	18	2,2	164
EGb205	AMU	82,46	82,46	100,00	82,46	DRS	0 (18)	98	0,43	0,0	99,75	41	1,3	68,7	30,4	0,5	19	1,7	42

AA01b Acessibilidade física do serviço [%]

AA02b Acessibilidade econômica do serviço [%]

AA03b Ocorrência de falhas no abast. [/(1000 ramais.ano)]

AA04b Água segura [%]

AA05b Resposta a reclamações e sugestões [%]

AA06b Cobertura dos gastos totais [-]

AA07b Adesão ao serviço [%]

AA08b Água não faturada [%]

AA10b Reabilitação de condutas [%/ano]

AA11b Ocorrência de avarias em condutas [/(100 km.ano)]

AA12b Adequação dos recursos humanos [/(1000 ramais)]

AA13b Perdas reais de água [l/(ramal.dia)] [m³/(km.dia)]*

