

Avaliação da Eficiência dos Operadores de Água em Portugal

João Xavier Louza Brito

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores: Prof.^a Maria Isabel Craveiro Pedro
Prof. Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques

Júri

Presidente: Prof. José Rui de Matos Figueira
Orientadora: Prof.^a Maria Isabel Craveiro Pedro
Vogal: Prof. Amílcar José Martins Arantes

Novembro 2017

Agradecimentos

É com grande orgulho e satisfação que chego ao final de mais uma etapa da minha formação académica. Contudo, o desenvolvimento deste estudo não teria sido possível sem a colaboração e apoio de várias pessoas que me acompanharam ao longo do último ano.

À Professora Isabel Pedro e ao Professor Rui Marques pela oportunidade que me deram em realizar este trabalho, pela disponibilidade em orientar o seu desenvolvimento e pelos conselhos que me deram durante o último ano.

Aos meus colegas e amigos com os quais partilhei este trajeto.

À Marisa, por toda a motivação, por estar sempre disponível para ouvir as minhas dúvidas e ajudar-me a escolher o caminho certo e pela paciência ao longo dos últimos meses.

Por fim, à minha irmã, avó, e em especial aos meus pais pelo esforço, dedicação e disponibilidade ao longo do meu percurso académico, por todos os conselhos, por todas as dores de cabeça que lhes provoquei e pela partilha de todas as dificuldades e sucessos ao longo dos últimos anos.

Resumo

A avaliação de desempenho é uma ferramenta de relevo, já que constitui uma forma eficaz, de determinada entidade melhorar a sua eficiência através da medição e controlo dos seus principais indicadores. A metodologia *Data Envelopment Analysis* (DEA), uma metodologia de *benchmarking* baseada em programação matemática e de natureza não paramétrica e fronteira, constitui uma dessas ferramentas, permitindo avaliar o nível de eficiência relativa de um conjunto de Unidades de Decisão (UD).

Neste estudo, foi utilizada a DEA para um conjunto de 191 entidades gestoras dos serviços de abastecimento de água e 190 operadores do saneamento de águas residuais de Portugal através da implementação de dois modelos com orientações *input* e *output* para o ano de 2015, com o objetivo de perceber quais os modelos de entidades gestoras mais eficientes. No abastecimento de água e no saneamento de águas residuais foram selecionados como *inputs* os custos operacionais, o comprimento médio das condutas/coletores e o pessoal afeto a cada serviço. Como *outputs*, foram escolhidos o volume de água/água residual faturada e o número de alojamentos servidos.

Os resultados obtidos revelam que no abastecimento de água 19 operadores são eficientes segundo uma orientação *input* e 8 são eficientes segundo uma orientação *output*. Conclui-se ainda que os operadores localizados na região centro de Portugal são os mais eficientes nas duas orientações. Relativamente a modelos de gestão, os operadores em gestão concessionada e delegada são os mais eficientes quando comparados com os serviços municipais e municipalizados. No saneamento de águas residuais, 16 operadores são eficientes segundo uma orientação *input* e 9 são eficientes segundo uma orientação *output*. Salienta-se ainda que a região sul é a mais eficiente nas duas orientações. Em relação a modelos de gestão, os operadores de serviços municipais são mais eficientes que os de serviços municipalizados.

Palavras-Chave: DEA, eficiência, regulação económica, serviços de abastecimento água e de saneamento de águas residuais, modelos de gestão.

Abstract

Performance evaluation reveals itself as an extremely important tool, being one of the most effective ways for an operator to improve its efficiency through measuring and controlling its main production factors and results. Data Envelopment Analysis (DEA) is a benchmarking technique based on mathematical programming and is one method used to carry out performance measurement, which allows to assess the relative efficiency of a group of operators.

DEA was the chosen methodology to evaluate a set of 191 water supply operators and 190 water treatment operators spread throughout Portugal in 2015. With the implementation of two models with an input and output orientation, the objective was to understand which ones operate more efficiently. The selected DEA model, has as inputs the operational costs, the average main length of pipes and the number of employees of each segment. As outputs, the revenue of water volume and the number of houses served were the chosen criteria.

Amongst 191 water supply operators, 19 were considered efficient with an input oriented model and 8 with an output oriented model. Furthermore, operators located in the central region of Portugal are the most efficient decision units. Regarding ownership, concessionary and delegated operators are more efficient than municipal and municipalized services. Considering the water treatment segment, 16 of 190 operators are efficient with an input oriented model and 9 have a score equal to 1 with an output oriented model. The south region of the country is the most efficient one when compared to the north and central region of Portugal. Concerning their ownership, we conclude that municipal services are more efficient than municipalized operators.

Keywords: DEA, efficiency, economic regulation, water and sewerage services, management models.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
LISTA DE QUADROS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS	X
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 METODOLOGIA	2
1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	3
2 ORGANIZAÇÃO DO SETOR DA ÁGUA	5
2.1 ESTRUTURA DE MERCADO E ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL.....	5
2.2 REGULAÇÃO DO SETOR.....	7
2.3 OBRIGAÇÕES DE SERVIÇO PÚBLICO	9
2.4 TARIFAS.....	10
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 <i>BENCHMARKING</i>	13
3.2 EFICIÊNCIA E EFICÁCIA.....	14
3.2.1 Eficiência Alocativa e Técnica	15
3.2.2 Rendimentos à escala	17
3.3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	17
3.4 METODOLOGIA DEA	19
3.4.1 Modelo CCR	20
3.4.2 Modelo BCC.....	22
3.5 ESTUDOS AO SETOR DA ÁGUA	24
4 ESTUDO DE CASO	33
4.1 AMOSTRA E RECOLHA DE DADOS	33
4.2 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO	35
4.2.1 Orientação	35
4.2.2 <i>Inputs e outputs</i>	36
4.2.2.1 Serviços de abastecimento de água (SAA)	37
4.2.2.2 Saneamento de águas residuais (SAR).....	38
5 ANÁLISE DE RESULTADOS	41

5.1	SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)	41
5.1.1	Resultados por região	41
5.1.1.1	Região Norte	43
5.1.1.2	Região Centro	43
5.1.1.3	Região Sul.....	44
5.1.2	Resultados por modelo de gestão	44
5.1.3	Resultados em função da dimensão	47
5.1.4	<i>Slacks, Targets e Peers</i>	48
5.1.4.1	Orientação <i>Input</i>	49
5.1.4.2	Orientação <i>Output</i>	51
5.2	SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS (SAR).....	53
5.2.1	Resultados por região.....	53
5.2.1.1	Região Norte	55
5.2.1.2	Região Centro	56
5.2.1.3	Região Sul.....	56
5.2.2	Resultados por modelo de gestão	57
5.2.3	Resultados em função da dimensão	59
5.2.4	<i>Slacks, Targets e Peers</i>	60
5.2.4.1	Orientação <i>Input</i>	60
5.2.4.2	Orientação <i>Output</i>	63
6	CONCLUSÕES	67
6.1	SÍNTESE CONCLUSIVA.....	67
6.2	LIMITAÇÕES	70
6.3	TRABALHOS FUTUROS.....	71
	BIBLIOGRAFIA.....	72
	ANEXOS	76

Lista de Quadros

Quadro 1. Modelos de gestão dos serviços de água (adaptado de ERSAR, 2016)	7
Quadro 2. Formulação da metodologia DEA para o modelo CCR segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	21
Quadro 3. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos CCR segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	21
Quadro 4. Formulação do modelo dual para modelos CCR segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	22
Quadro 5. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos BCC segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	22
Quadro 6. Formulação do modelo dual para modelos BCC segundo orientações <i>input</i> e <i>output</i>	23
Quadro 7. Variáveis mais usadas nos estudos DEA aplicados aos serviços de água (Berg e Marques, 2011).....	25
Quadro 8. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo dos serviços de água na Holanda	25
Quadro 9. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 1144 entidades gestoras no Japão.....	26
Quadro 10. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 43 entidades gestoras em Itália	26
Quadro 11. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 88 entidades gestoras de Itália segundo dois modelos.....	27
Quadro 12. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 80 entidades gestoras na Andaluzia, Espanha.....	27
Quadro 13. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 177 entidades gestoras em França	28
Quadro 14. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 22 entidades gestoras em Inglaterra e País de Gales	28
Quadro 15. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 101 entidades gestoras na Dinamarca para o abastecimento de água e saneamento de águas residuais	29
Quadro 16. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo da eficiência do segmento de saneamento de águas residuais na Dinamarca	29
Quadro 17. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo da eficiência do setor da água na Malásia .	30
Quadro 18. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 18 entidades gestoras no Chile	31
Quadro 19. <i>Inputs</i> e <i>outputs</i> referentes ao estudo de 88 entidades gestoras na África do Sul .	31
Quadro 20. Variáveis mais utilizadas nos estudos analisados	32
Quadro 21. Distribuição geográfica das EG em estudo	34
Quadro 22. Lista das variáveis usadas na revisão bibliográfica realizada.....	36
Quadro 23. Parâmetros estatísticos dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do SAA	38
Quadro 24. Parâmetros estatísticos dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> do SAR	38
Quadro 25. Especificação das características gerais do modelo DEA para o SAA	39
Quadro 26. Especificação das características gerais do modelo DEA para o SAR.....	39
Quadro 27. Indicadores de eficiência do SAA por região segundo uma orientação <i>input</i>	41

Quadro 28. Indicadores de eficiência do SAA por região segundo uma orientação <i>output</i>	42
Quadro 29. Indicadores de eficiência para EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>input</i>	45
Quadro 30. Indicadores de eficiência para EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>output</i>	46
Quadro 31. Resultado do número de EG eficientes através dos modelos CCR e BCC em função do número de alojamentos servidos no SAA.....	48
Quadro 32. Valor médio das <i>slacks</i> do SAA segundo orientação <i>input</i>	49
Quadro 33. <i>Targets</i> de eficiência do SAA segundo uma orientação <i>input</i>	50
Quadro 34. Valor médio das <i>slacks</i> do SAA segundo orientação <i>output</i>	52
Quadro 35. <i>Targets</i> de eficiência do SAA segundo uma orientação <i>output</i>	52
Quadro 36. Indicadores de eficiência do SAR por região segundo uma orientação <i>input</i>	54
Quadro 37. Indicadores de eficiência do SAR por região segundo uma orientação <i>output</i>	55
Quadro 38. Indicadores de eficiência para EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>input</i>	57
Quadro 39. Indicadores de eficiência para EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>output</i>	58
Quadro 40. Resultado do número de EG eficientes através dos modelos CCR e BCC em função do número de alojamentos servidos no SAR	60
Quadro 41. Valor médio das <i>slacks</i> do SAR segundo orientação <i>input</i>	61
Quadro 42. <i>Targets</i> de eficiência do SAR segundo uma orientação <i>input</i>	61
Quadro 43. Valor médio das <i>slacks</i> do SAR segundo orientação <i>output</i>	63
Quadro 44. <i>Targets</i> de eficiência do SAR segundo uma orientação <i>output</i>	64

Lista de Figuras

Figura 1. Modelo de regulação da ERSAR (adaptado de ERSAR, 2016)	8
Figura 2. Decomposição das medidas de avaliação de desempenho (adaptado de Porcelli, 2009)	15
Figura 3. Eficiência técnica e alocativa para 2 <i>inputs</i> e 1 <i>output</i> (Farrell, 1957).....	16
Figura 4. Hierarquia das metodologias de avaliação de desempenho (adaptado de Marques, 2005).....	18
Figura 5. Esquema da <i>two-stage</i> DEA usada na avaliação da eficiência dos serviços de abastecimento de água da Malásia (Kamarudin et al., 2015)	30
Figura 6. Eficiência técnica das EG do SAA por região geográfica segundo orientação <i>input</i> ..	42
Figura 7. Eficiência técnica das EG do SAA por região geográfica segundo orientação <i>output</i>	43
Figura 8. Eficiência técnica de EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>input</i>	45
Figura 9. Eficiência técnica de EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>output</i>	46
Figura 10. Resultados em função do número de alojamentos servidos no SAA	48
Figura 11. Contagem de <i>peers</i> do SAA segundo uma orientação <i>input</i>	51
Figura 12. Contagem de <i>peers</i> do SAA segundo uma orientação <i>output</i>	53
Figura 13. Eficiência Técnica das EG do SAR por região geográfica segundo orientação <i>input</i>	54
Figura 14. Eficiência técnica das EG do SAR por região geográfica segundo orientação <i>output</i>	55
Figura 15. Eficiência técnica de EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>input</i>	57
Figura 16. Eficiência técnica de EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação <i>output</i>	59
Figura 17. Resultados em função do número de alojamentos servidos no SAR	60
Figura 18. Contagem de <i>peers</i> do SAR segundo uma orientação <i>input</i>	63
Figura 19. Contagem de <i>peers</i> do SAR segundo uma orientação <i>output</i>	65
Figura 20. ET da região norte segundo uma orientação <i>input</i>	78
Figura 21. ET da região norte segundo uma orientação <i>output</i>	79
Figura 22. ET da região centro segundo uma orientação <i>input</i>	80
Figura 23. ET da região centro segundo uma orientação <i>output</i>	81
Figura 24. ET da região sul segundo uma orientação <i>input</i>	82
Figura 25. ET da região sul segundo uma orientação <i>output</i>	83
Figura 26. ET da região norte segundo uma orientação <i>input</i>	84
Figura 27. ET da região norte segundo uma orientação <i>output</i>	85
Figura 28. ET da região centro segundo uma orientação <i>input</i>	86
Figura 29. ET da região centro segundo uma orientação <i>output</i>	87

Figura 30. ET da região sul segundo uma orientação <i>input</i>	88
Figura 31. ET da região sul segundo uma orientação <i>output</i>	89

Lista de Abreviaturas

- BCC – *Banker, Charnes e Cooper*
- CAPEX – Custo de Capital (*Capital Expenditure*)
- CCR – *Charnes, Cooper e Rhodes*
- CM – Câmara Municipal
- COLS – Mínimos Quadrados Corrigidos (*Corrected Ordinary Least Squares*)
- CRS – Rendimentos Constantes à Escala (*Constant Returns to Scale*)
- DEA – *Data Envelopment Analysis*
- DFA – *Deterministic Frontier Analysis*
- DRS – Rendimentos Decrescentes à Escala (*Decreasing Returns to Scale*)
- DQA – Diretiva Quadro da Água
- EA – Eficiência Alocativa
- EE – Eficiência de Escala
- EG – Entidades Gestoras
- EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres, S.A.
- ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
- ET – Eficiência Técnica
- FDH – *Free Disposal Hull*
- IAPMEI – Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e Inovação
- IRS – Rendimentos Crescentes à Escala (*Increasing Returns to Scale*)
- IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos
- OPEX – Custo Operacional (*Operational Expenditure*)
- PPP – Parceria Público-Privada
- SAA – Serviços de Abastecimento de Água
- SAR – Saneamento de Águas Residuais
- SAASAR – Serviços de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
- SFA – Análise de Fronteira Estocástica (*Stochastic Frontier Analysis*)
- SIEG – Serviços de Interesse Económico Geral
- SIV – *System Input Volume*
- SIMAR – Serviços Intermunicipalizados de Águas e Resíduos
- SIMAS – Serviços Intermunicipalizados de Águas e Saneamento
- SM – Serviços Municipalizados
- SMAS – Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento
- SMAT – Serviços Municipalizados de Águas e Transportes
- SMEAS – Serviços Municipalizados de Eletricidade, Águas e Saneamento
- SMSB – Serviços Municipalizados de Saneamento Básico
- UD – Unidade de Decisão
- UE – União Europeia
- VRS – Rendimentos Variáveis à Escala (*Variable Returns to Scale*)

1 Introdução

1.1 Contextualização e motivação

A água, um bem de consumo essencial à vida e ao desenvolvimento das populações, tem sido, ao longo dos tempos, considerado um recurso natural ilimitado. No entanto, as evoluções demográficas, económicas e sociais, ocorridas durante o século XX, permitem concluir que este pressuposto se encontra longe da realidade, verificando-se um impacto enorme destes fatores nos recursos naturais existentes. Assim, torna-se necessário implementar medidas que assegurem a gestão deste bem de consumo de forma justa e coerente, garantindo a sua sustentabilidade sem comprometer as gerações futuras (Pisani, 1995).

De acordo com as Nações Unidas (2010) o acesso a água potável e ao saneamento é um direito essencial à população mundial, reconhecendo a obrigação de todos os Estados de o assegurarem e respeitarem. Mais tarde, em 2015, a Assembleia Geral das Nações Unidas, através de uma nova resolução, reconhece o direito humano ao saneamento básico autónomo. A sua implementação deve permitir o acesso a água potável e ao saneamento, podendo ser efetuado através de sistemas públicos tradicionais, sistemas públicos simplificados ou instalações individuais.

Os serviços do setor da água, habitualmente denominados de serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, são classificados como serviços de interesse económico geral, essenciais ao bem-estar da população, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do ambiente. Nesse sentido é necessário obedecer a um conjunto de princípios, nomeadamente a universalidade de acesso, a continuidade e qualidade do serviço, a eficiência e equidade de preços (COM, 2003). Desta forma, este setor, contribui de forma significativa para o desenvolvimento económico do país, por um lado, pela sua capacidade em gerar atividade económica e, conseqüentemente, criar emprego e riqueza e, por outro, pela crescente melhoria que tem proporcionado às condições de vida da população (ERSAR, 2015).

Como a estrutura deste mercado é exemplo de um monopólio natural, onde a competição é escassa e os incentivos à eficiência são quase inexistentes, torna-se essencial a implementação de uma forma de regulação que permita, ao mesmo tempo, defender os interesses dos consumidores e controlar os preços e a qualidade do serviço (ERSAR, 2015). A regulação desenvolve instrumentos que tendem a estimular a concorrência entre entidades gestoras, aumentando o nível de desempenho dos serviços prestados por este setor.

Perante estes factos torna-se fundamental a realização de avaliações de desempenho periódicas dos operadores dos SAASAR, nomeadamente da sua eficiência. Para além de avaliar a situação atual do setor, estas medidas permitirão identificar boas práticas e estabelecer metas no sentido de melhorar o seu desempenho. Assim, este trabalho de investigação pretende estimar e

avaliar a eficiência de uma amostra representativa de EG de Portugal continental através de uma metodologia de *benchmarking* não-paramétrica, baseada em programação linear, denominada de *Data Envelopment Analysis* (DEA). A aplicação desta técnica gera pontuações de eficiência de acordo com as variáveis de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*), refletindo o processo produtivo dos intervenientes no setor da água em Portugal.

1.2 Objetivos

A obtenção de *rankings* de eficiência é, hoje em dia, uma ferramenta essencial em todos os serviços públicos, em particular no setor da água, com o intuito de compreender as limitações das entidades gestoras (EG) com menor desempenho relativamente às de maior eficiência. Para além disso, a obtenção deste *ranking* permitirá identificar um conjunto de medidas e *best practices* que deverão ser implementadas com a intenção de melhorar a eficiência das EG com pontuações menores.

O objetivo principal deste estudo consiste em estimar e analisar a eficiência técnica (ET) das entidades gestoras (EG) do setor da água em Portugal. Para esta análise irá ser utilizada uma metodologia não paramétrica de *benchmarking*, designadamente o DEA, de forma a obter um *ranking* de eficiência. A avaliação das entidades gestoras do setor da água será efetuada dividindo o setor em: serviços de abastecimento de água (SAA) e, saneamento de águas residuais (SAR).

Em particular, serão realizadas as seguintes comparações:

- Operadores do SAA/SAR por região geográfica em Portugal continental: Norte, centro e sul;
- Operadores do SAA por modelo de gestão: Concessão municipal vs empresa estatal vs serviço municipal vs serviço municipalizado;
- Operadores do SAR por modelo de gestão: Serviço municipal vs serviço municipalizado.
- Operadores do SAA/SAR em função da sua dimensão;

1.3 Metodologia

Os métodos de avaliação de desempenho podem, geralmente, ser divididos em métodos paramétricos e métodos não paramétricos. Podem ainda, dentro de cada grupo, ser classificados em função do uso ou não de uma fronteira eficiente.

Tendo em conta a existência de vários métodos de avaliação de desempenho, e possíveis de ser utilizados no desenvolvimento deste trabalho, a escolha incidiu sobre a DEA, método não paramétrico com recurso a uma fronteira eficiente. A eficiência é medida através da diferença entre os

recursos consumidos e aqueles que poderiam ter sido utilizados para a mesma produção se uma determinada unidade de decisão (UD) operasse de forma eficiente. Nesse sentido, a DEA é um método que permite avaliar a eficiência de um conjunto de unidades de decisão, em função dos *inputs* e *outputs* de cada UD e do âmbito do estudo, minimização de *inputs* (orientação *input*) e/ou maximização de *outputs* (orientação *output*).

Os métodos de avaliação de desempenho têm associadas várias vantagens e desvantagens. No caso dos métodos não paramétricos, como a DEA, estes permitem identificar as melhores práticas e estabelecer referências para as UD em estudo. Para além disso, a DEA é um método habitualmente utilizado em análises de entidades que são caracterizados por um conjunto de múltiplos *inputs* e *outputs*, como é o caso do setor da água.

Para a aplicação desta metodologia será necessário identificar e selecionar os *inputs* e *outputs* do modelo a construir. A correta seleção destas variáveis é fundamental para a obtenção de resultados credíveis permitindo tomar decisões acertadas no futuro. A seleção de *inputs* e *outputs* deverá ser ponderada, de forma a representar o funcionamento das entidades gestoras dos referidos serviços de forma clara. Para a escolha das variáveis será realizada, não só, uma revisão de literatura, mas também perceber quais as variáveis mais explicativas e que mais contribuem para o estudo da eficiência dos operadores de água.

1.4 Estrutura do documento

Este documento encontra-se dividido em quatro capítulos e a sua estrutura é a seguinte:

- No primeiro capítulo é efetuada uma contextualização do problema, na qual se caracteriza o setor da água atualmente, onde são descritas a estrutura de mercado e organização institucional deste setor, assim como de que forma este mercado se encontra regulado. Além disso, é ainda apresentada a motivação que levou ao desenvolvimento deste trabalho, a metodologia a utilizar, os objetivos deste estudo e a estrutura do documento.
- No segundo capítulo é apresentado o núcleo do problema em estudo: o setor da água. Aqui é descrita a sua estrutura de mercado e organização institucional, onde se expõe de que forma o setor se encontra dividido em termos económicos, os modelos de gestão associados a esta indústria, a regulação do setor, assim como os modelos adotados e uma descrição da atuação da regulação no setor da água. Finalmente, são efetuadas algumas considerações acerca das obrigações de serviço público associadas à água e estabelecimento de tarifas para o consumidor.
- O terceiro capítulo está relacionado com o enquadramento metodológico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. Inicia-se com uma breve introdução acerca do *benchmarking*, seguido da definição e classificação dos conceitos de eficiência. Dá-se, também, uma visão

geral das metodologias de avaliação de desempenho, onde se apresenta a sua decomposição em abordagens paramétricas e não paramétricas e em metodologias com ou sem recurso a fronteira eficiente. Posteriormente, é descrita a metodologia a aplicar nesta investigação, a DEA e são expostos os principais modelos e especificações que esta técnica envolve.

- No quarto capítulo é efetuada uma revisão da literatura onde, em primeiro lugar, são identificadas as variáveis mais utilizadas em estudos desta natureza no setor da água. Posteriormente são referenciados e analisados estudos recentes ao setor da água com recurso a esta metodologia.
- No quinto capítulo é realizado um estudo de caso, onde são especificadas e definidas as principais características do modelo DEA utilizado, nomeadamente a amostra escolhida, os tipos de orientação do modelo e os *inputs* e *outputs* selecionados.
- No sexto capítulo são apresentados os resultados de eficiência e efetuada a sua interpretação de acordo com o estabelecido nos objetivos.
- Por último, é realizada uma síntese conclusiva, onde são apresentadas as principais conclusões deste trabalho de investigação. São ainda apresentadas as limitações encontradas ao longo do desenvolvimento desta dissertação, bem como algumas recomendações para eventuais trabalhos futuros.

2 Organização do setor da água

2.1 Estrutura de Mercado e organização institucional

O setor da água em Portugal segue um modelo institucional, baseado no modelo de regulação e de desenvolvimento francês, atribuindo os seus serviços aos municípios. No entanto, o setor da água no nosso país, difere relativamente ao modelo francês essencialmente em três pontos: a divisão entre a “alta” e “baixa”; o Estado atuar como o principal operador e a existência de uma entidade reguladora dedicada ao setor, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) (Marques, 2008).

Nas últimas décadas a evolução dos SAASAR foi assinalável, registando-se uma melhoria significativa da qualidade e fiabilidade do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais, permitindo a generalização destes serviços a toda a população. Contudo, este setor continua a demonstrar alguns problemas nomeadamente o elevado número e diversidade de operadores existentes, ao mesmo tempo que políticas diferenciadas conduzem a situações socialmente contraditórias, impossibilitando a universalidade de soluções (Magalhães e Bessa, 2012).

Os serviços do setor da água são habitualmente classificados segundo a designação “alta” e “baixa”, de acordo com as atividades realizadas pelas entidades que os gerem, sendo da responsabilidade do governo local. No abastecimento de água, os sistemas em “alta” abrangem o conjunto de componentes a montante da rede de distribuição. Os sistemas em “baixa” contêm os componentes relativos à ligação com o consumidor final. No saneamento de águas residuais, os sistemas em “alta” correspondem ao conjunto de infraestruturas a jusante e os sistemas em “baixa” a infraestruturas a montante. Com base na entrada em vigor do Decreto-Lei nº379/93, republicado pelo Decreto-Lei 195/2009, podemos associar os sistemas em “alta” à atividade “grossista” do abastecimento de água e saneamento de águas residuais e os sistemas em “baixa” à atividade “retalhista”, criando, respetivamente os sistemas multimunicipais, responsáveis pela “alta”, e os sistemas municipais, responsáveis pela “baixa”. Um exemplo desta classificação é o serviço de abastecimento de água na cidade de Santo Tirso, onde a gestão das massas de água desde a captação até ao fornecimento do sistema municipal, sistema em “baixa”, é assegurada pelo sistema multimunicipal, Águas do Noroeste S.A, sistema em “alta” (ERSAR, 2016).

A reestruturação do setor da água, a partir de 1993, com a separação da “alta” e da “baixa”, bem como a abertura do mercado a capitais privados, contribuíram de forma decisiva para o desenvolvimento dos SAASAR em Portugal, permitindo aos municípios delegar a gestão destes serviços ao setor privado induzindo, deste modo, a um aumento considerável do interesse de empresas nacionais pelo setor, surgindo uma necessidade de supervisionar as suas atividades.

Segundo Marques (2011), em 1997, surge o IRAR, como resposta a uma necessidade de supervisão das atividades do setor, inexistente até então. A criação desta entidade, importante para a defesa dos consumidores e sustentabilidade dos sistemas tem como objetivos a *“salvaguarda da qualidade dos serviços prestados e supervisão e garantia do equilíbrio e sustentabilidade do setor”*. Mais tarde, no ano de 2003, o IRAR acumula também a responsabilidade de autoridade competente para a qualidade da água para consumo, destacando-se ainda outras funções deste órgão, nomeadamente a fiscalização das entidades gestoras.

A criação da ERSAR, concluída em 2009, substituindo o IRAR, visa aprofundar o seu papel enquanto entidade reguladora do setor da água mantendo a sua natureza. Desde o ano da sua criação que a ERSAR tem vindo a fortalecer os seus poderes, alargando as competências de regulação dos SAASAR de forma a abranger o âmbito da sua intervenção a todo o universo de entidades gestoras em Portugal.

Os SAASAR são considerados serviços de interesse público, mesmo quando geridos pela iniciativa privada, devido às externalidades existentes capazes de afetar as populações por eles servidas (Kraemer, 1999). No entanto, apesar dos objetivos prioritários das empresas públicas e privadas serem distintos, existe uma necessidade de encontrar formas de garantir que o bem-estar social das populações é satisfeito ao mesmo tempo que as entidades que gerem estes serviços apresentam níveis de eficiência elevados e resultados financeiros positivos (Marques, 2008).

Em Portugal, a gestão e exploração dos sistemas em “alta” e em “baixa” foi construído gradualmente. A legislação atual estabelece a existência dos sistemas multimunicipais, com titularidade estatal e objetivos claros de tirar partido das economias de escala criadas por sistemas de maior dimensão, diminuindo as desigualdades entre regiões do país. Estabelece ainda a existência de sistemas municipais com titularidade municipal.

As entidades, de diferente natureza, que fazem parte do quadro geral da gestão e exploração dos sistemas multimunicipais e municipais, estão representadas no Quadro 1.

Quadro 1. Modelos de gestão dos serviços de água (adaptado de ERSAR, 2016)

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Estado	Não aplicável
Gestão delegada	Empresa pública	Não aplicável
Gestão concessionada	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora. Participação minoritária de capitais privados no caso dos SAAS.
Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	Entre dois ou mais municípios (caso de intermunicipalizados)
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva integrada por vários municípios
Gestão delegada	Empresa constituída em parceria com o Estado	Participação do Estado no capital social da entidade gestora
	Empresa do sector empresarial local sem parceria do Estado	Participação de vários municípios no capital social da entidade gestora. Participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia
Gestão concessionada	Entidade concessionária municipal	PPP (municípios e entidades privadas)

2.2 Regulação do setor

Os SAASAR, considerados serviços de interesse económico geral (SIEG), operam em regime de monopólio natural, sendo indispensáveis ao bem-estar das populações devido ao papel relevante que desempenham na economia. Assim, as atividades exercidas por estes serviços são da responsabilidade das administrações locais ou regionais, existindo um reduzido incentivo à eficiência e eficácia no setor. Nesse sentido, é imperativa a implementação de uma forma de regulação com vista à proteção dos interesses dos consumidores. A ERSAR, como forma de regulação, tem como objetivo assegurar a sustentabilidade dos SAASAR a três níveis (ERSAR, 2016):

- Social, ao garantir os interesses dos consumidores, assegurando o acesso e a qualidade dos serviços prestados bem como o equilíbrio dos preços praticados;
- Económica, assegurando a viabilidade tanto das infraestruturas como das entidades gestoras;
- Ambiental, ao nível dos impactos dos serviços na água, ar e solo.

O modelo de regulação desenvolvido em 2003 para o IRAR, tem acompanhado a evolução da legislação, tornando o âmbito de atuação e os poderes da ERSAR mais abrangentes, normalizando as ações da regulação junto de todas as entidades gestoras. Assim, o modelo em vigor atualmente enfrentou um processo de estabilização a partir daquele ano, sendo constituído por dois grandes planos de intervenção, designadamente, a regulação estrutural do setor e a regulação dos comportamentos das entidades gestoras, tal como representado na Figura 1 (ERSAR, 2016).

MODELO REGULATÓRIO ARIT- ERSAR	REGULAÇÃO	REGULAÇÃO
	ESTRUTURAL DO SETOR	COMPORAMENTAL DAS ENTIDADES GESTORAS
	Contribuição regulatória para a organização do setor	Regulação legal e contratual Regulação económica
	Contribuição regulatória para a regulamentação do setor	Regulação da qualidade do serviço
	Contribuição regulatória para a informação do setor	Regulação da qualidade da água para consumo humano
	Contribuição regulatória para a capacitação do setor	Regulação da interface dos utilizadores

Figura 1. Modelo de regulação da ERSAR (adaptado de ERSAR, 2016)

A regulação estrutural contribui para a melhor organização do setor, correspondendo a uma intervenção regulatória focada na generalidade do mesmo. Este plano de intervenção foca-se em quatro pontos fundamentais, nomeadamente a contribuição regulatória para a organização do setor, concentrando-se no desenvolvimento das melhores políticas com o intuito de promover a eficiência e eficácia, assim como de procurar economias de escala e de gama; a contribuição regulatória para a regulamentação do setor, onde a ERSAR procura elaborar propostas de nova legislação ou de atualização da legislação existente, de modo a clarificar as regras de funcionamento destes serviços; a contribuição regulatória para a informação do setor, divulgando regularmente informação credível e de fácil compreensão, garantindo o seu acesso aos consumidores e à população em geral; e a contribuição regulatória para a capacitação do setor, relacionado com o apoio prestado, pela ERSAR, às entidades gestoras no sentido de promover a investigação e o desenvolvimento, bem como dar resposta às questões colocadas pelos intervenientes do setor.

A estratégia da ERSAR passa também por um plano de intervenção no âmbito da regulação dos comportamentos das entidades gestoras. Este plano de intervenção, contrariamente à regulação estrutural, foca-se ao nível das entidades gestoras a atuar no setor. Fazem parte deste plano cinco componentes essenciais, designadamente a regulação legal e contratual que assegura a supervisão das entidades gestoras ao longo do seu ciclo de vida, garantindo o interesse público; a regulação económica das entidades gestoras que promove a regulação das tarifas de forma a que estas sejam

sustentáveis, económica e financeiramente, e socialmente aceites pelos consumidores; a regulação da qualidade do serviço que prevê que a ERSAR garanta a avaliação do desempenho das entidades gestoras, comparando-os entre si, através de um sistema de indicadores previamente selecionados, promovendo a eficiência e a eficácia dos seus serviços, contribuindo para a promoção de serviços de qualidade elevada aos consumidores; a regulação da qualidade da água para consumo humano que prevê a avaliação da qualidade da água fornecida pelas entidades gestoras, cooperando na promoção da melhoria da qualidade da água e da saúde pública; por fim, na interface com os utilizadores, a ERSAR averigua o cumprimento da lei de defesa dos consumidores por parte das entidades gestoras (ERSAR, 2016).

2.3 Obrigações de serviço público

Os SAASAR, consideram-se fundamentais ao bem-estar das populações, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do ambiente por se considerarem serviços de interesse geral ou, de forma mais exata, SIEG. Deste modo, pela relevância para a produção de outros bens e serviços, bem como pelo seu peso na economia, a sua eficiência e eficácia conferem-lhes um grau de competitividade fundamental para a obtenção de investimentos. Assim, os SIEG devem satisfazer um conjunto de princípios, denominados de obrigações de serviço público, designadamente universalidade, continuidade, qualidade de serviço, acessibilidade de preços e proteção dos consumidores (COM, 2003).

Nas últimas décadas o conceito de universalidade tornou-se um fator de grande relevância na política comunitária da União Europeia dos SIEG, referindo-se a um conjunto de condições que garantem que certos serviços, como os SAASAR, são disponibilizados com qualidade satisfatória a todos os consumidores, independentemente da sua localização geográfica.

O princípio de continuidade refere-se à obrigatoriedade das entidades gestoras em garantir que os serviços são disponibilizados ininterruptamente. É importante referir que este princípio não é tratado de forma coerente pela União Europeia, sendo que em alguns casos a própria legislação setorial o estabelece de forma explícita. Nos casos em que a legislação não explicita o princípio da continuidade, cabe aos Estados impor este requisito às entidades gestoras.

Lado a lado com a regulação dos SIEG segue o princípio da qualidade de serviço, sendo, na generalidade, da responsabilidade dos Estados estabelecer patamares de qualidade. A aplicação deste requisito pode seguir a via da legislação, através da implementação de normas que visem o aumento dos níveis de qualidade dos SIEG em geral e dos SAASAR em particular ou, através do acompanhamento dos padrões de qualidade, garantindo-os. Devem, ao mesmo tempo, assegurar a divulgação dos níveis de desempenho por parte das entidades gestoras.

De acordo com a Comissão das Comunidades Europeias (2003), o princípio da acessibilidade de preços *“exige que um serviço de interesse económico geral seja oferecido a um preço acessível, a fim que todos dele possam beneficiar, contribuindo para a coesão económica e social entre os Estados”*. É obrigação dos Estados assegurar essa acessibilidade de preços, implementando mecanismos de controlo das tarifas e o seu nivelamento geográfico, assim como subsidiar consumidores com necessidades.

Finalmente, a defesa dos consumidores deve garantir melhores resultados e a minimização de perdas que possam prejudicar os consumidores, tendo por base os princípios de *“qualidade do serviço, elevados níveis de proteção da saúde e segurança física dos serviços, transparência (em matéria de tarifas, contratos, escolha e financiamento das entidades gestoras), escolha do serviço, escolha do operador, concorrência real entre operadores, existência de entidades reguladoras, disponibilidade de mecanismos de recurso, representação e participação ativa dos consumidores na definição dos serviços e escolha das formas de pagamento”* (COM, 2003).

Em Portugal encontram-se definidas algumas obrigações de serviço público para o setor da água na legislação, nomeadamente os princípios da universalidade, da continuidade, da qualidade de serviços e o princípio da defesa do consumidor, regulamentados na Lei nº 58/2005 (Lei da Água), na Lei nº 23/96 (Lei dos Serviços Públicos Essenciais), alterada pela Lei nº 10/2013, e no Decreto-Lei nº 243/2001, revisto pelo Decreto-Lei nº 306/2007, que regula a qualidade da água destinada ao consumo humano.

2.4 Tarifas

Os SAASAR, sendo considerados serviços de interesse económico geral, tornam-se essenciais ao bem-estar económico e social das populações. Devido à sua complexidade, estes serviços necessitam da implementação de medidas que permitam suportar os custos a si associados e possibilitem às entidades gestoras operarem de forma adequada e com nível de qualidade acima da média. Assim, para a definição da política tarifária é necessário que as entidades que gerem este tipo de serviços tenham ao seu dispor mecanismos de discriminação de preços, com tarifas diferenciadas e preços volumétricos distintos.

De acordo com Pinto e Marques (2015) uma tarifa é considerada como a contrapartida paga pelos consumidores pela prestação de um serviço, tendo como propósito a promoção de vários objetivos, nomeadamente o aumento das receitas das entidades gestoras e a eficiência económica das mesmas e o cumprimento de obrigações de serviço público, culminando na recuperação dos custos essencial aos SAASAR devido às especificidades do setor da água.

No setor público, a recuperação dos custos torna-se fundamental, já que é através das receitas geradas pelas entidades gestoras que irão ser recuperados os investimentos efetuados, garantindo a

sua sustentabilidade e a sua eficiência. Nos SAASAR, os rendimentos que suportam os serviços prestados existem, geralmente, sob a forma de tarifas cobradas ou, no caso de subsídio, financiadas através dos orçamentos das entidades públicas. Deste modo, a União Europeia (2000) sugere que os Estados europeus estabeleçam uma política tarifária de incentivo ao uso eficiente da água e à recuperação dos custos inerentes a estes serviços.

Em Portugal, após o início do século XXI, verificou-se a necessidade de adotar reformas de forma a responder aos novos desafios do setor da água. Uma dessas reformas, e talvez a mais importante, surgiu no sentido de manter a responsabilidade das entidades gestoras dos SAASAR do lado dos municípios. A ERSAR, como entidade reguladora, tem como objetivo supervisionar as atividades do setor, intervindo, desde 2009, sobre as entidades gestoras no setor, independentemente do modelo de gestão por si adotado.

Segundo Pinto e Marques (2015), a regulação apresenta duas recomendações sobre a forma como devem ser aplicadas as tarifas em Portugal. Em 2009, ainda pelo IRAR, é publicada uma recomendação para uma estrutura tarifária composta por duas partes, uma parcela de disponibilidade e outra relativa à utilização. A primeira, uma parcela fixa, correspondendo aos encargos fixos associados à prestação dos serviços. Enquanto que a segunda, uma fração variável, dependente do volume de água consumido mensalmente. Em 2011, a ERSAR publica outra recomendação por forma a complementar a publicação anterior, relacionados com a recuperação dos custos no setor, a proteção dos consumidores e o uso eficiente dos recursos.

Nos sistemas de titularidade estatal, onde as entidades gestoras operam com as entidades em “baixa”, prevê-se que a ERSAR estabeleça as tarifas deste tipo de sistemas, supervisionando, também, outros aspetos relacionados com a sua vertente económico-financeira. Nos sistemas de titularidade municipal, que operam diretamente com os consumidores, cabe à ERSAR:

- Regular, avaliar e auditar a fixação das tarifas, qualquer que seja o modelo de gestão adotado pelas entidades gestoras;
- Emitir recomendações sobre a conformidade das tarifas e supervisionar e sancionar o seu incumprimento;
- Emitir instruções acerca das tarifas a aplicar por sistemas de titularidade municipal.

Assim, de acordo com a ERSAR (2016), a definição da política tarifária, assim como os processos de aprovação das tarifas, estão sujeitos a variados critérios, consoante o modelo de gestão utilizado pelas entidades gestoras. Podemos distinguir três processos:

- Tarifas fixadas pelos respetivos órgãos municipais;
- Convenção de preços, entre os municípios e as empresas;
- Através de um contrato de concessão, onde serão definidos, entre outros objetivos, as tarifas anuais em vigor.

2.5 Considerações finais

A água é um bem de consumo essencial, associada à qualidade de vida da população mundial e, em particular da população portuguesa. Nesse sentido, e de acordo com a resolução adotada pelas Nações Unidas em 2010, é necessário garantir o acesso a água potável e ao saneamento básico segundo um conjunto de princípios e obrigações que garantam um nível de serviço adequado aos consumidores.

Em Portugal, o setor da água segue uma estrutura de monopólio natural, atribuindo os seus serviços aos municípios, existindo uma entidade reguladora inteiramente dedicada ao setor com o intuito de proteger os interesses dos consumidores e estimular a concorrência entre operadores. A ERSAR, como entidade reguladora do setor, deve assegurar a sustentabilidade dos SAASAR em três níveis complementares: social, económico e ambiental.

Este trabalho de investigação torna-se relevante no sentido em que a avaliação do desempenho das entidades que gerem estes serviços é indispensável para avaliar a situação atual do setor e identificar boas práticas que permitirão melhorar a sua eficiência no futuro.

3 Revisão bibliográfica

3.1 *Benchmarking*

A necessidade de avaliar o desempenho das empresas regularmente é, hoje em dia, de grande importância, procurando atuar de forma efetiva nas causas que conduzem ao seu sucesso e insucesso. Desta forma, surgiu um instrumento de gestão, conhecido nos dias de hoje por *benchmarking*.

De uma forma genérica, o conceito de *benchmarking* encontra-se associado à medição da eficiência, baseando-se na comparação de um indicador de desempenho com um valor de referência. Segundo a literatura, o *benchmarking* pode ser definido como um processo contínuo de avaliação de produtos, serviços e processos das organizações reconhecidas por representar os líderes de uma determinada indústria, tendo por objetivo a melhoria dos mesmos a nível organizacional (Spendolini, 1992). Mais recentemente, outra definição formulada por Marques e De Witte (2010), refere que o *benchmarking* é o processo de comparação de indicadores de desempenho com padrões de referência, em busca da excelência.

Inicialmente desenvolvido pela *Xerox Corporation* em 1979 (Lai *et al.*, 2011), como uma ferramenta de *Total Quality Management*, tem vindo, nos últimos anos, a ser utilizada pelas mais variadas empresas e em diversas indústrias com uma taxa de sucesso significativa. Elmuti *et al.* (1997) sugerem que os benefícios da utilização do *benchmarking* pelas empresas envolvem, por exemplo, fatores relacionados com o desempenho das organizações, contribuindo para o seu crescimento, assim como para a satisfação dos seus trabalhadores. Consequentemente, este conceito tem demonstrado uma enorme influência nas vantagens competitivas de diversas empresas.

Os três passos básicos do *benchmarking* são (Donthu *et al.*, 2005):

- Identificação das melhores práticas empresariais;
- Determinação das áreas a melhorar;
- Implementação de alterações.

O primeiro passo, consiste na identificação das empresas ou grupos empresariais considerados como as melhores na sua área de atuação, habitualmente reconhecidas como os líderes de cada setor da indústria. Para além da identificação das melhores empresas, este passo engloba também, a recolha de dados das mesmas assim como a descrição do seu processo produtivo (Spendolini, 1992).

O segundo passo baseia-se na comparação da produtividade da empresa com a empresa selecionada no passo anterior, tendo por objetivo decidir quais as áreas que devem ser melhoradas (Donthu *et al.*, 2005).

Por fim, devem ser implementadas as alterações delineadas nas áreas identificadas no passo intermédio e monitorizar os progressos alcançados (IAPMEI, 2016).

Nos mercados monopolistas esta ferramenta torna-se fulcral para a regulação, encorajando a melhoria do desempenho das organizações. No setor da água é habitual classificar-se este conceito de duas formas, designadamente *macro* e *microbenchmarking* (Helgason, 1997). O primeiro, utilizado frequentemente pelas entidades reguladoras, foca-se essencialmente nas medidas globais de eficiência, obtendo informação relevante acerca do desempenho dos SAASAR. O segundo é geralmente utilizado pelas indústrias, destacando os procedimentos que deverão ser melhorados. É importante referir que estão associados ao *macrobenchmarking* várias técnicas paramétricas e não paramétricas, consoante admitam, ou não, uma fronteira eficiente de produção.

Como referido no início do documento, o objetivo principal deste estudo é a aplicação de uma metodologia de *benchmarking* ao setor da água em Portugal, designadamente a DEA. A definição das abordagens paramétrica e não paramétrica, bem como a definição da técnica a utilizar são efetuadas respetivamente nos pontos 3.3 e 3.4.

3.2 Eficiência e eficácia

A natureza do mercado no setor da água, bem como a sua organização institucional, requerem cada vez mais, avaliações do seu desempenho em termos da sua eficiência e da sua eficácia. Por isso, é importante, para o contexto deste estudo, clarificar os conceitos de eficiência, eficácia e produtividade.

É comum, muitos autores, assumirem os conceitos de eficiência e produtividade como sinónimos. No entanto, estes dois conceitos diferem bastante no seu significado. Segundo Vincent (1968), a produtividade é a razão entre os *outputs* gerados e os *inputs* consumidos durante o processo, representada na equação 1. O mesmo acontece com os conceitos de eficiência e eficácia. Genericamente, podemos definir eficácia como as medidas certas a adotar, enquanto que a eficiência seria definida como a realização dessas medidas da maneira correta (Mbuvi *et al.*, 2012).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (1)$$

Uma definição mais rigorosa de eficiência é dada por Lovell *et al.* (1993), onde este conceito pode ser definido como o nível máximo de *outputs* que é possível obter, tendo em conta os *inputs* disponíveis. A eficiência pode ainda ser definida segundo uma lógica de maximização de *outputs* ou segundo uma lógica de minimização de *inputs*. Por outro lado, a eficácia determina o grau de

concretização de um processo, comparando os objetivos pretendidos com os resultados obtidos (Mandl *et al.*, 2008). No entanto, este conceito não deve ser utilizado de forma isolada, sendo de grande utilidade na avaliação de uma UD quando usado de forma complementar com a eficiência, medindo a quantidade de *inputs* necessários para um determinado nível de *outputs*.

De acordo com (Charnes *et al.* (1978), uma UD é definida como um dos elementos de uma amostra, sujeita a uma avaliação de desempenho, com *inputs* e *outputs* comuns. É importante realçar que a medição da eficiência de uma UD pressupõe que esta consuma recursos de forma a obter resultados mediante os seus processos.

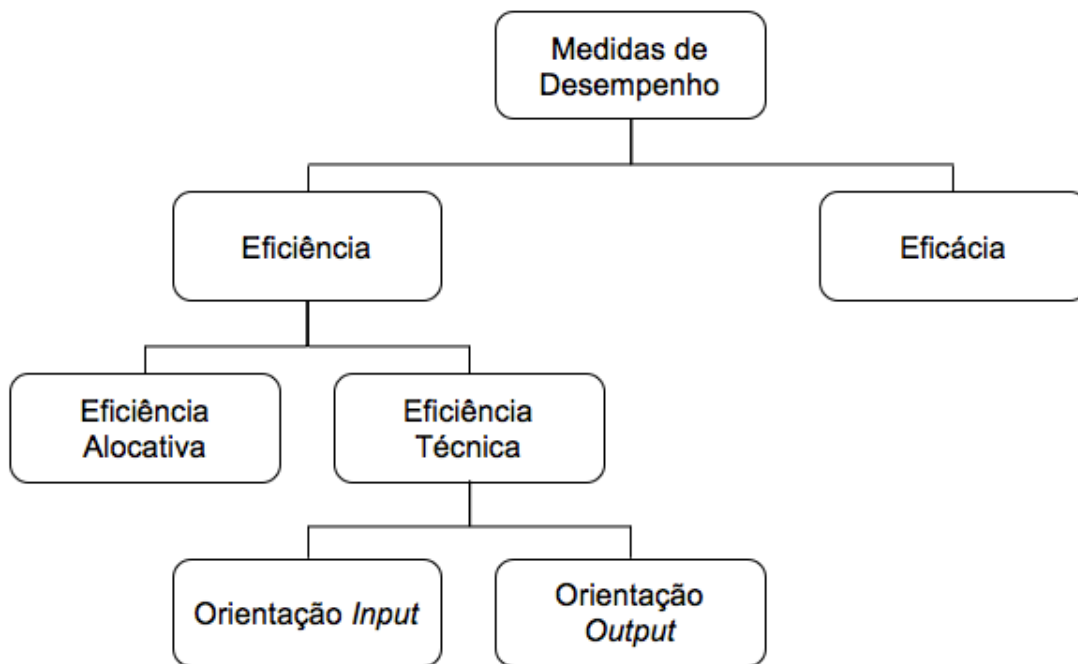


Figura 2. Decomposição das medidas de avaliação de desempenho (adaptado de Porcelli, 2009)

3.2.1 Eficiência Alocativa e Técnica

De acordo com a Figura 2, o conceito de eficiência pode ser classificado como eficiência alocativa ou eficiência técnica. O método de avaliação destes conceitos assenta na distância entre um ponto e a fronteira eficiente de produção, sendo esta definida por uma curva, isoquanta, representada pelas combinações dos fatores produtivos que correspondem a um determinado nível de produção (Farrell, 1957).

Inicialmente introduzidos por Farrell (1957), os conceitos de eficiência alocativa e eficiência técnica podem ser definidos como a combinação ótima de *inputs* correspondente ao custo mínimo de produção e como a capacidade de utilização do mínimo de *inputs* necessários a um determinado nível de *outputs*, respetivamente.

Quando multiplicados, a eficiência alocativa e a eficiência técnica originam a eficiência económica. Este conceito representa a alocação ótima de todos os fatores de produção, resultando na minimização dos *inputs* para um determinado nível de *outputs* ou, analogamente a maximização de *outputs* para um determinado nível de *inputs* (Farrell, 1957).

$$\text{Eficiência Económica} = \text{Eficiência Alocativa} \times \text{Eficiência Técnica} \quad (2)$$

Tal como referido anteriormente, a eficiência alocativa e a eficiência técnica podem ser representadas graficamente através de uma isoquanta, como podemos observar na Figura 3.

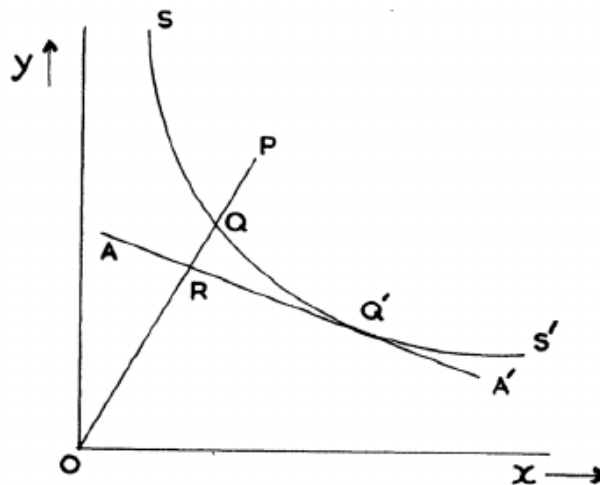


Figura 3. Eficiência técnica e alocativa para 2 *inputs* e 1 *output* (Farrell, 1957)

Observando a Figura 3, verifica-se que uma UD tecnicamente eficiente encontra-se sobre a isoquanta SS' , curva que representa as quantidades de *inputs* a utilizar para um determinado nível de *outputs*, sendo o seu valor de eficiência igual a 1. Assim, a UD representada pelo ponto P no gráfico não é tecnicamente eficiente, já que não se encontra sobre a curva SS' . Para que esta se torne eficiente, a quantidade de recursos consumidos sofreria uma redução, mantendo o nível de *outputs*, igual ao representado pelo segmento QP. Contudo, se a UD se situasse no ponto Q, esta seria tecnicamente eficiente. Assim, podemos quantificar a eficiência técnica através da seguinte expressão (Farrell, 1957):

$$ET = \frac{OQ}{OP} \quad (3)$$

Através da reta dos isocustos AA' é possível estudar e quantificar a eficiência alocativa. Considera-se que uma UD é alocativamente eficiente quando o seu nível de produção se situa no ponto onde a isoquanta intersecta a reta dos isocustos, representado pelo ponto Q' . Neste ponto, a produção é realizada a um custo mínimo e igual ao custo de produção em R, sendo que a eficiência alocativa referente ao ponto P é definida por (Farrell, 1957).

$$EA = \frac{OR}{OQ} \quad (4)$$

Tendo sido definida a eficiência económica na equação (2) e a ET e EA nas equações (3) e (4) respetivamente, podemos definir, para o ponto P, a sua eficiência económica como:

$$\text{Eficiência Económica} = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP} \quad (5)$$

3.2.2 Rendimentos à escala

O conceito de rendimentos à escala surge no contexto da função de produção de uma empresa, como forma de exprimir a relação entre a variação da quantidade de *inputs* de um determinado processo produtivo e a variação da quantidade de *outputs* gerados por esse processo. São três os tipos de rendimentos à escala existentes, designadamente rendimentos constantes à escala (CRS), rendimentos decrescentes à escala (DRS) e rendimentos crescentes à escala (IRS) (Helpman e Krugman, 1986). É importante referir que o DRS e o IRS se inserem nos denominados rendimentos variáveis à escala (VRS).

Quando o aumento da produção de *outputs* é proporcional ao aumento dos *inputs* intervenientes no processo produtivo, diz-se que estamos na presença de CRS. No caso de o nível de *outputs* aumentar mais do que proporcionalmente relativamente aos *inputs* de um processo de produção, dá-se a ocorrência de IRS. Em sentido inverso, se estivermos na presença de um nível de *outputs* que aumenta menos do que proporcionalmente em relação aos *inputs* do processo, ocorrem DRS (Liu *et al.*, 2011).

A definição destes conceitos é de grande relevância no âmbito deste estudo, pois encontram-se relacionados com os modelos DEA utilizados, os quais serão abordados nos pontos 3.4.1 e 3.4.2.

3.3 Metodologias de avaliação de desempenho

As avaliações de desempenho seguem, geralmente, dois tipos de abordagens, nomeadamente a abordagem paramétrica e abordagens não paramétrica. Cada uma destas abordagens pode ainda ser classificada segundo métodos que assumem a construção de uma fronteira eficiente ou em métodos que não recorrem a uma fronteira deste tipo (Marques e Silva, 2006). A Figura 4, representa a hierarquia das metodologias de avaliação de desempenho segundo a divisão da abordagem paramétrica e não paramétrica em métodos com ou sem fronteira.

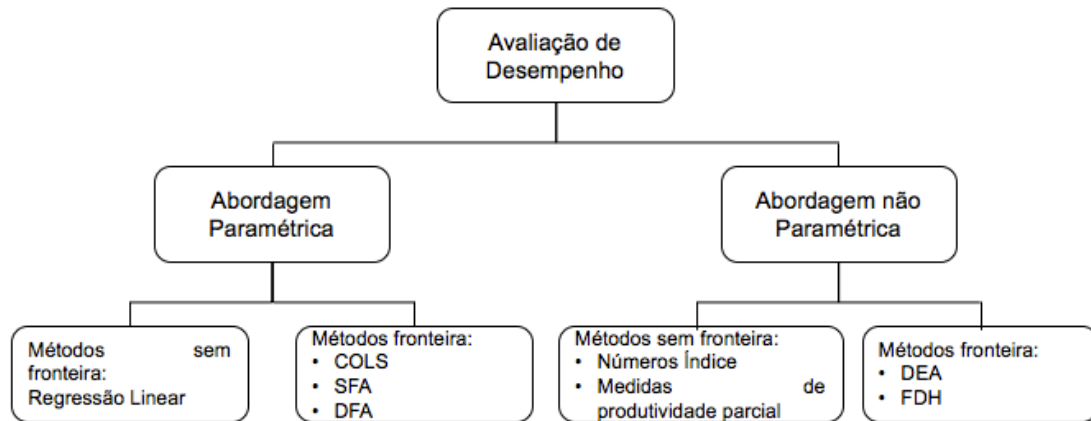


Figura 4. Hierarquia das metodologias de avaliação de desempenho (adaptado de Marques, 2005)

De acordo com Mortimer e Peacock (2002), as técnicas que recorrem à construção de uma fronteira eficiente, relevantes para o âmbito deste estudo, utilizam as melhores práticas de uma indústria como *benchmark*, onde os resultados de eficiência obtidos refletem o desvio entre o desempenho observado e o potencial. Para além disso, estes métodos permitem avaliar o desempenho de acordo com diferentes dimensões, já que admitem múltiplos *inputs* e *outputs*.

O principal objetivo das metodologias de avaliação de desempenho está relacionado com a medição da eficiência das diferentes UD da amostra em estudo relativamente à fronteira. Drake e Simper (2005) sugerem duas abordagens principais que permitem a construção de uma fronteira eficiente, designadamente a abordagem paramétrica e a abordagem não paramétrica. As técnicas SFA e DEA, inseridas na abordagem paramétrica e não paramétrica respetivamente, têm sido as metodologias mais utilizadas em estudos da avaliação da eficiência nos últimos anos (Chen, 2007). Assim, esta secção incidirá numa comparação acerca destes dois modelos.

Geralmente, as duas abordagens são compostas por duas fases. Segundo Drake e Simper (2005) o primeiro passo deve constituir a definição de um objetivo, tipicamente de dois tipos:

- Maximizar *outputs* para um certo nível de *inputs*;
- Minimizar *inputs* para um certo nível de *outputs*;

Em segundo lugar deve ser estimada a fronteira eficiente de produção, com a qual as medições de eficiência das UD vão ser comparadas. É neste passo que reside a grande diferença entre as duas metodologias, pois a forma como a fronteira é estimada é diferente consoante o tipo de abordagem utilizada.

A metodologia DEA recorre a programação linear de modo a definir uma fronteira de eficiência, constituída por todas as UD consideradas eficientes, ou seja, com pontuações iguais à unidade (Chen *et al.*, 2010). Segundo a literatura, como não são concebidas hipóteses *a priori*, considera-se a DEA

de natureza não paramétrica. No caso da SFA, metodologia de natureza paramétrica e inicialmente proposta por Aigner *et al.* (1977) e Meeusen e Broeck (1977), assenta na construção da fronteira eficiente em critérios econométricos, baseada em dados estatísticos das UD em estudo (Hu *et al.*, 2010). Assim, a fronteira eficiente é estimada *à priori*, sendo que a tendência é que não existam UD posicionadas na fronteira, mas sim abaixo ou acima da mesma.

Para além da forma como é estimada a fronteira eficiente, a DEA apresenta uma outra vantagem relativamente à SFA, visto que, no contexto dos SAASAR, permite a formulação de vários problemas com múltiplos *inputs* e *outputs*, característica destes serviços, ao contrário da SFA, limitada a apenas um *output* (Drake e Simper, 2005).

Segundo Kuah e Wong (2011), a DEA tem vindo a tornar-se uma medida de avaliação de desempenho adequada aos serviços tipicamente fornecidos pelo Estado, nomeadamente os serviços hospitalares ou os serviços do setor da água, devido à sua facilidade em lidar com múltiplos *inputs* e *outputs*.

No entanto, a grande desvantagem da DEA relativamente à SFA passa por não tratar o erro aleatório. Nos modelos que adotam a metodologia paramétrica, esta decompõe os desvios da fronteira eficiente em ruído ou em ineficiências. No caso da DEA, estes desvios são todos considerados ineficiências (Chen *et al.*, 2010).

Em conclusão, dada a natureza dos SAASAR e as diferenças explanadas entre as metodologias DEA e SFA, permitem afirmar que a técnica não paramétrica será a desenvolvida no contexto deste estudo.

3.4 Metodologia DEA

Inicialmente proposta por Charnes *et al.* (1978), a DEA é considerada uma metodologia de natureza não paramétrica para a avaliação da eficiência de uma UD com múltiplos *inputs* e *outputs*, baseada em programação linear. Numa definição mais recente Cook e Zhu (2005) consideram a DEA uma abordagem para a avaliação do desempenho de UD, em particular de que forma os seus *inputs* são convertidos em *outputs*.

Torna-se importante, para o âmbito deste estudo, clarificar alguns pontos acerca desta técnica, nomeadamente que condições devem ser asseguradas para aplicação dos modelos DEA, as suas potenciais mais-valias e as suas limitações.

Segundo Thanassoulis (2001) a aplicação da metodologia DEA pressupõe que devem ser asseguradas as seguintes condições:

- As entidades em estudo devem ser homogéneas, com objetivos e processos idênticos;

- As UD em estudo devem atuar em ambientes operacionais semelhantes;
- Os *inputs* e *outputs* devem ser os mesmos para todas as unidades em estudo.

A facilidade da DEA em lidar com múltiplos *inputs* e *outputs*, permite obter informação acerca dos efeitos destas variáveis nas medidas de eficiência. Ao mesmo tempo, permite também inferir as quantidades de *inputs* que se devem reduzir e/ou as quantidades de *outputs* que devem aumentar com o objetivo de tornar as UD ineficientes em unidades eficientes, sendo esta uma das potenciais mais-valias desta metodologia (Wu *et al.*, 2010).

De acordo com Sarafidis (2002), a DEA possui as seguintes limitações:

- Maior possibilidade de existirem UD eficientes quanto maior for o número de variáveis em análise;
- Avalia a eficiência relativa em detrimento da eficiência absoluta;
- Considera ineficientes todas as UD que não se posicionem sobre a fronteira;
- Não admite a formulação de testes de hipóteses.

Os modelos DEA podem ser definidos segundo duas orientações, orientação *input* quando para um nível de *outputs* o consumo de *inputs* é mínimo ou, orientação *output* quando para um nível de *inputs* são maximizados os *outputs* (Thanassoulis, 2000). Para além desta divisão, os modelos podem ainda ser divididos em modelos CRS, também conhecidos como modelos CCR, devido aos nomes dos seus autores – Charnes, Cooper e Rhodes – (Charnes *et al.*, 1978), e em modelos baseados em VRS, conhecidos como modelos BCC – Banker, Charnes e Cooper – pela mesma razão do modelo anterior (Banker *et al.*, 1984).

3.4.1 Modelo CCR

Este modelo, formulado por Charnes, Cooper e Rhodes, assume a utilização de CRS e baseia-se no conceito de análise de fronteira proposto por Farrell (1957). Segundo Charnes *et al.* (1978), a medição da eficiência de uma UD é gerada através da maximização do rácio entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*, sujeitos à restrição de que outras UD nunca poderão gerar níveis de eficiência superiores à unidade. Deste modo, o modelo CCR constrói um índice de eficiência relativo em função da comparação dos *inputs* e *outputs* de todas as UD.

A formulação deste modelo assume a existência de n UD a avaliar, e que cada uma produz *outputs* y_{rj} , a partir do consumo dos *inputs* x_{ij} . A eficiência de uma UD₀ é medida em relação às eficiências das outras UD_j, onde $j = 1, \dots, n$. Quanto à restante terminologia, v_i e u_r são, os pesos dos *inputs* e dos *outputs*, respetivamente. Finalmente, x_{r0} e y_{r0} são os *inputs* e *outputs* da UD₀ (Cooper *et al.*, 2004).

Quadro 2. Formulação da metodologia DEA para o modelo CCR segundo orientações *input* e *output*

DEA – CCR Orientação <i>Input</i>	DEA – CCR Orientação <i>Output</i>
$\text{Max } h_o = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}}$	$\text{Min } h_o = \frac{\sum_i v_i x_{i0}}{\sum_r u_r y_{r0}}$
<p>Sujeito a:</p> $\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r \text{ e } v_i \geq 0 \forall r, i$	<p>Sujeito a:</p> $\frac{\sum_i v_i x_{ij}}{\sum_r u_r y_{rj}} \geq 1, j = 1, \dots, n$ $u_r \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$

O grande desenvolvimento alcançado por Charnes *et al.* (1978) consistiu na transformação da formulação representada no Quadro 2, baseada em programação fracionária, em programação linear através da adição de uma restrição que torna o denominador de eficiência igual a 1. No Quadro 3 está representada a formulação do modelo primal, ou dos multiplicadores, o qual usa programação linear em detrimento de programação fracionária (Cooper *et al.*, 2004).

Quadro 3. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos CCR segundo orientações *input* e *output*

Modelo dos Multiplicadores (Primal)	
DEA – CCR Orientação <i>Input</i>	DEA – CCR Orientação <i>Output</i>
$\text{Max } z = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$	$\text{Min } q = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$
<p>Sujeito a:</p> $\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$ $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$ $u_r \text{ e } v_i \geq 0$	<p>Sujeito a:</p> $\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0$

A partir do modelo dos multiplicadores, representado no Quadro 3, é possível formular o respetivo dual, tal como ilustrado no Quadro 4, onde λ_j representa os pesos dos *inputs* e *outputs* de cada UD.

Quadro 4. Formulação do modelo dual para modelos CCR segundo orientações *input* e *output*

Dual	
DEA – CCR Orientação <i>Input</i>	DEA – CCR Orientação <i>Output</i>
$\theta^* = \text{Min } \theta$	$\theta^* = \text{Max } \theta$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j \leq \theta x_{i0}, i = 1, \dots, m$	$\sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j \leq x_{i0}, i = 1, \dots, m$
$\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j \geq y_{r0}, r = 1, \dots, s$	$\sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j \geq \phi y_{r0}, r = 1, \dots, s$
$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$	$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n$

3.4.2 Modelo BCC

Em 1984, Banker *et al.* (1984) sugerem uma extensão ao modelo CCR onde seria possível observar a hipótese de VRS, crescentes ou decrescentes. Este modelo distingue-se do anterior pela adição de uma restrição que impõe uma condição de convexidade sobre a forma como as UD se podem combinar, obrigando a que cada entidade em estudo apenas seja comparada com outra de tamanho equivalente. Assim, a única diferença entre os modelos CCR e BCC encontra-se na restrição de convexidade dada pela expressão $\sum_k \lambda_k = 1$, como se observa no Quadro 5 representativo do modelo primal. No Quadro 6 encontra-se representado o modelo dual (Cooper *et al.*, 2004).

Quadro 5. Formulação do modelo dos multiplicadores para modelos BCC segundo orientações *input* e *output*

Modelo dos Multiplicadores (Primal)	
DEA – BCC Orientação <i>Input</i>	DEA – BCC Orientação <i>Output</i>
$\text{Max } z = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0$	$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0$
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 \leq 0$	$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq 0$
$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$	$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1$

Quadro 6. Formulação do modelo dual para modelos BCC segundo orientações *input* e *output*

Dual	
DEA – BCC Orientação <i>Input</i>	DEA – BCC Orientação <i>Output</i>
Min θ	Max h_0
Sujeito a:	Sujeito a:
$\theta x_{i0} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0$	$h_0 y_{j0} - \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \leq 0$
$-y_{r0} + \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq 0$	$-x_{r0} + \sum_{j=1}^n x_{rj} \lambda_j \geq 0$
$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$
$\lambda_j \geq 0, \forall k$	$\lambda_j \geq 0$

3.5 Estudos ao setor da água

A medição da eficiência é, atualmente, de enorme relevância em qualquer setor. O setor da água não é exceção e, devido às suas características particulares, o interesse em manter os níveis de eficiência elevados é de grande importância (Fare *et al.*, 1985). A necessidade de manter os níveis de eficiência dos serviços públicos elevados, em particular dos serviços do setor da água, está amplamente relacionada com o desenvolvimento social das populações no sentido em que a qualidade de vida das mesmas é positivamente afetada pela disponibilidade deste recurso natural.

A avaliação da eficiência tem diversos objetivos, de acordo com os protagonistas e o contexto de cada país, sendo que no contexto do setor da água, os objetivos encontram-se relacionados com a avaliação de desempenho em geral e com a medição da eficiência em particular. Através da literatura é possível concluir que a realização deste tipo de estudos permite obter informação relevante acerca da gestão dos serviços, tornando-se uma ferramenta estratégica para a identificação das melhores práticas e casos de sucesso, procurando melhorar a eficiência e a produtividade das entidades que os gerem. Por outro lado, questões relacionadas com a estrutura de mercado e a organização do setor da água podem ser estudadas e discutidas com base nos estudos efetuados (De Witte e Marques, 2007).

Desde a década de 80 que inúmeros estudos ao setor da água foram efetuados em todo o mundo recorrendo à metodologia DEA. Apesar dos seus objetivos serem diversos, a maior parte destes estudos foca-se na avaliação de desempenho dos serviços do setor da água, em particular na medição da eficiência (De Witte e Marques, 2010).

Na criação de modelos de DEA é necessário ter em conta as particularidades e especificidades das UD, da mesma forma que é necessário que estas contemplem os aspetos que caracterizam a atividade produtiva, como os recursos consumidos e os produtos obtidos. No âmbito dos estudos ao setor da água, a orientação *input* deve ser o modelo a utilizar, indo de encontro à obrigação das UD de satisfazer as necessidades dos consumidores (Marques e Silva, 2006). No Quadro 7 estão representadas as variáveis mais adotadas nos estudos ao setor da água com recurso à metodologia DEA (Berg e Marques, 2011).

Quadro 7. Variáveis mais usadas nos estudos DEA aplicados aos serviços de água (Berg e Marques, 2011)

Inputs	Outputs	Fatores Explanatórios
		Origem de água / tratamento / custo de produção (% , €)
Pessoal (nº, €)	Volume faturado (m ³)	Volume faturado por natureza (%, m ³)
OPEX (€)	Número de clientes (nº)	Densidade populacional / clientes (nº, km ⁻¹)
Extensão de redes (km)	Extensão de redes (km)	Perdas (% , m ³)
CAPEX (€)		Fator de ponta / capitação (-, l hab ⁻¹ dia ⁻¹)

De seguida são apresentados, sucintamente, os alguns estudos publicados entre os anos de 2010 e 2016, com o intuito de verificar quais as variáveis mais utilizadas, nos últimos anos, nos estudos realizados ao setor da água e comparar com as apresentadas no quadro resumo de Berg e Marques (2011).

De Witte e Saal (2010) analisam o desempenho dos serviços de abastecimento de água na Holanda, antes e depois da implementação da regulação “*sunshine*” naquele país. Os autores verificam que a introdução deste tipo de regulação, naquele país, está associada ao aumento da produtividade no sector da água e, ao mesmo tempo, permite que o consumo deste bem por parte da população seja realizado a preços mais reduzidos. Os *inputs* e *outputs* utilizados neste estudo são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo dos serviços de água na Holanda

Inputs	Outputs
CAPEX (€)	Número de clientes domésticos (nº)
OPEX (€)	Número de clientes não domésticos (nº)
Pessoal (€)	

Marques *et al.* (2011) avaliam o desempenho dos serviços de abastecimento de água no Japão referentes a 1144 entidades gestoras, entre 2004 e 2007, com o objetivo de averiguar de que forma um conjunto de variáveis influenciam a eficiência destes serviços. Este estudo revela que o setor da água no Japão opera sem uma forma de regulação implementada, sendo que a indústria se regula a si própria. Desta forma, o desempenho das entidades gestoras fica aquém do esperado, não havendo conclusões que permitam afirmar que este país possui elevados níveis de eficiência neste setor. Os *inputs* e *outputs* usados neste estudo são enumerados no Quadro 9.

Quadro 9. *Inputs e outputs* referentes ao estudo de 1144 entidades gestoras no Japão

Inputs	Outputs
CAPEX (€)	Volume de água faturada (m ³)
Pessoal (€)	Número de clientes (n ^o)
OPEX (€)	

Romano e Guerrini (2011) estudam 43 entidades gestoras italianas, para o ano de 2007, com o objetivo de determinar o efeito de algumas variáveis nos níveis de eficiência dos SAASAR, nomeadamente o modelo de gestão de cada entidade, a sua localização geográfica e a população servida. Os resultados deste estudo revelam que as entidades públicas operam de forma mais eficiente, revelando pontuações de eficiência elevadas nos dois modelos, quando comparadas com entidades público-privadas, confirmando as conclusões de estudos anteriores. Os autores revelam, ainda, que as entidades localizadas no centro e sul de Itália são mais eficientes que as entidades localizadas a norte do país. Finalmente, os autores referem que as entidades que servem um *cluster* mais pequeno operam com níveis de eficiência elevados, revelando a existência de economias de escala. As variáveis utilizadas para a construção do modelo encontram-se apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10. *Inputs e outputs* referentes ao estudo de 43 entidades gestoras em Itália

Inputs	Outputs
Custo de material (€)	
Pessoal (n ^o , €)	Volume de água faturada (m ³)
Serviços (€)	Número de clientes (n ^o)
Arrendamentos (€)	

Da Cruz *et al.* (2012) investigam o impacto dos diferentes modelos de gestão, existentes no setor da água, nos níveis de desempenho das entidades gestoras destes serviços. Os autores avaliam o desempenho de uma amostra de 88 entidades gestoras italianas e portuguesas, para o ano de 2007, segundo dois modelos. O primeiro, utiliza apenas custos como *inputs*, o segundo utilizando quantidades consumidas. Os resultados produzidos revelam níveis significativos de ineficiência nos dois países. Relativamente aos modelos de gestão, as entidades de gestão pública revelam níveis de eficiência superiores quando comparadas com entidades de gestão concessionada. Os autores concluem que, à luz dos resultados obtidos, as reformas adotadas nos dois países, permitindo a entrada de capital privado no setor, não alcançaram o sucesso esperado. Os *inputs e outputs* utilizados para a construção dos dois modelos são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11. *Inputs e outputs* referentes ao estudo de 88 entidades gestoras de Itália segundo dois modelos

Modelo 1		Modelo 2	
Inputs	Outputs	Inputs	Outputs
Pessoal (€)	Volume de água faturada (m ³)	Pessoal (nº)	Volume de água faturada (m ³)
CAPEX (€)	Número de clientes (nº)	Extensão de redes (km)	Número de clientes (nº)
OPEX (€)		OPEX (€)	

González-Gómez *et al.* (2013) analisam o nível de eficiência de 80 entidades gestoras na Andaluzia, Espanha, para o ano de 2009. O seu objetivo consiste na comparação dos níveis de eficiência e determinação da forma de gestão mais adequada para os operadores de água naquela região. Os autores concluem que as entidades público-privadas atuam com níveis de eficiência superiores aos das entidades totalmente públicas. No entanto, tendo em conta o ambiente operacional, não são observadas diferenças significativas em termos de eficiência. Este estudo revela a importância do ambiente operacional nas análises a esta indústria, concluindo que as empresas públicas operam em ambientes mais complexos. Os *inputs* e *outputs* usados para a construção do modelo são expostos no Quadro 12.

Quadro 12. *Inputs e outputs* referentes ao estudo de 80 entidades gestoras na Andaluzia, Espanha

Inputs	Outputs
Extensão de redes (km)	
Pessoal (€)	Número de clientes (nº)
OPEX (€)	Resíduos tratados (m ³)
Capacidade de tratamento de resíduos (m ³)	

Le Lannier e Porcher (2014) utilizam a DEA e a SFA para avaliar a eficiência técnica relativa e 177 entidades gestoras em França para o ano de 2009. O modelo utilizado centra-se na aplicação de três fases. Na primeira, através da técnica DEA, gera-se o desempenho inicial das entidades gestoras. Depois, utilizando a metodologia SFA, excluem-se as ineficiências causadas pelos possíveis efeitos das variáveis externas. Finalmente, na terceira fase, reavalia-se o desempenho das entidades gestoras, gerando valores de eficiência melhorados. O principal objetivo deste estudo prende-se com o efeito de propriedade e os modelos de gestão associados a serviços deste tipo, sendo que as entidades gestoras dos serviços de água em França podem ser geridas pelas autoridades locais ou, concessionadas a entidades privadas, que gerem os seus serviços. No final da primeira fase, os resultados obtidos refletem uma larga vantagem das entidades públicas em relação às entidades de gestão privada. No entanto, após ser realizada a segunda fase do modelo, os autores concluem que o ambiente operacional tem alguma influência no desempenho dos operadores do setor. Na terceira fase, verifica-se que as diferenças nos níveis de eficiência obtidas na primeira fase diminuem, levando os autores a concluir que, algumas entidades gestoras operam em ambientes operacionais

desfavoráveis, o que contribui em grande parte para resultados iniciais desnivelados. É, contudo, importante referir que as entidades públicas obtêm, neste estudo, pontuações de eficiência superiores às geridas por entidades privadas. Os *inputs* e *outputs* utilizados neste estudo encontram-se no Quadro 13.

Quadro 13. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo de 177 entidades gestoras em França

Inputs	Outputs
Receitas (€)	Volume de água faturada (m ³)
	Número de clientes (nº)
	Extensão de redes (km)

Molinos-Senante *et al.* (2014) avaliam a produtividade do sector da água em Inglaterra e no País de Gales, recorrendo a uma amostra de 22 entidades gestoras destes dois países entre 2001 e 2008. O objetivo deste estudo, está relacionado com a introdução de novos preços no sector, cuja mudança pode afetar a produtividade e eficiência das entidades gestoras. Os resultados revelam que a produtividade, durante o período analisado, diminuiu, em grande parte, pela introdução de novos preços em 2005. No entanto, outros fatores contribuíram para maiores custos operacionais e, tal como os autores referem, podem também ter influência nos resultados obtidos. Para o modelo construído neste estudo, o Quadro 14 apresenta os *inputs* e *outputs* usados.

Quadro 14. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo de 22 entidades gestoras em Inglaterra e País de Gales

Inputs	Outputs
CAPEX (€)	Volume de água faturada (m ³)
OPEX (€)	Número de propriedades interligadas (nº)

Guerrini *et al.* (2015) investigam a influência de variáveis exógenas na eficiência do setor da água na Dinamarca. Este estudo é aplicado a 101 entidades gestoras daquele país no ano de 2010. Os resultados desta análise revelam diferenças significativas relativamente à eficiência no abastecimento de água e no tratamento de águas residuais. Contudo, de uma forma geral, a eficiência deste setor, na Dinamarca, não se encontra afetada pelas variáveis externas aos sistemas. Na construção dos dois modelos relacionados com os serviços de abastecimento de água e tratamento de águas residuais respetivamente, os *inputs* e *outputs* utilizados são evidenciados no Quadro 15.

Quadro 15. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo de 101 entidades gestoras na Dinamarca para o abastecimento de água e saneamento de águas residuais

Abastecimento de água		Tratamento de águas residuais	
<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Pessoal (€)		Pessoal (€)	
OPEX (€)	Volume de água	OPEX (€)	Volume de águas
Extensão de redes	faturada (m ³)	Extensão de redes	residuais tratadas (m ³)
(km)		(km)	

Guerrini *et al.* (2015), através de uma abordagem em duas fases – *two-stage* DEA – procuram analisar o setor da água na Dinamarca no sentido de averiguar a existência de economias de escala, gama e de densidade naquele país, nomeadamente no segmento de saneamento de águas residuais, contabilizando dados de 62 entidades gestoras destes serviços. O método aplicado pelos autores consiste, numa primeira fase, em determinar as pontuações de eficiência das entidades gestoras dos SAASAR dinamarqueses por forma a obter os rendimentos à escala associados. A primeira fase tem como principal intuito, estimar a eficiência geral das entidades gestoras presentes no setor da água dinamarquês, avaliar a sua capacidade de aquisição e consumo de recursos e, também, verificar a capacidade de da UD de operar a um determinado nível. A segunda fase, consiste numa análise regressiva das pontuações geradas pela DEA anteriormente e as variáveis exógenas associadas a serviços deste tipo. Os resultados indicam que as entidades que gerem os serviços de saneamento de águas residuais na Dinamarca operam a níveis baixos de eficiência. Nota-se, segundo os autores, que os operadores de áreas com maior densidade populacional revelam as maiores pontuações de eficiência, concluindo que o segmento do saneamento de águas residuais é caracterizado por economias de gama e densidade. Os *inputs* e *outputs* relativos a este estudo encontram-se identificados no Quadro 16.

Quadro 16. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo da eficiência do segmento de saneamento de águas residuais na Dinamarca

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
OPEX (€)	Volume de água faturada (€)

Kamarudin *et al.* (2015) utilizam a aplicação *two-stage* DEA no sentido de avaliar o desempenho dos serviços de abastecimento de água na Malásia. Neste modelo particular da técnica DEA, a eficiência é medida num processo que envolve duas fases: a primeira fase usa os seus *inputs* para gerar medidas intermédias (*outputs* da primeira fase), sendo usadas como *inputs* na segunda fase para produzir os *outputs* do processo, como ilustrado na Figura 5.

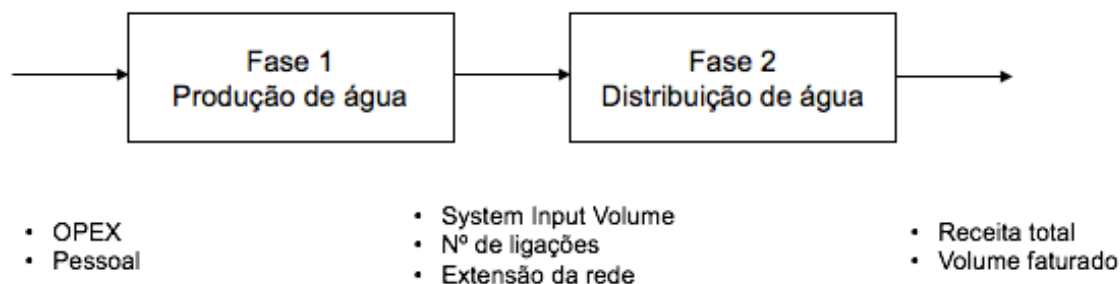


Figura 5. Esquema da *two-stage* DEA usada na avaliação da eficiência dos serviços de abastecimento de água da Malásia (Kamarudin *et al.*, 2015)

Neste estudo, a primeira fase relaciona os custos operacionais e de pessoal com a extensão da rede, o número de ligações da mesma rede e o volume de água produzido, com o objetivo de minimizar os *inputs*. Na segunda fase, os autores relacionam o volume produzido de água, o número de ligações e a extensão da rede com a receita gerada e o volume de água faturado. Este modelo foi aplicado para valores de 2011 e 2012, revelando que a maioria dos estados não é eficiente nas duas fases, ou seja, uns são eficientes na primeira fase e ineficientes na segunda ou vice-versa. Os autores concluem que os resultados obtidos neste estudo encontram-se em linha com a literatura, afirmando que o modelo básico da DEA não é adequado em circunstâncias onde existem várias fases do processo. Referem ainda que, através deste tipo de modelos, é possível avaliar o desempenho relativamente a cada fase do processo de produção. No Quadro 17 encontram-se evidenciados os *inputs*, medidas intermédias e *outputs* relativo ao estudo da eficiência das entidades gestoras dos serviços de água na Malásia.

Quadro 17. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo da eficiência do setor da água na Malásia

<i>Inputs</i>	Medidas intermédias	<i>Outputs</i>
OPEX (€)	SIV	Receita (€)
Pessoal (nº)	Número de ligações (nº)	Volume de água faturada (m ³)
	Extensão de redes (km)	

Molinos-Senante *et al.* (2015) estudam a eficiência dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais no Chile, introduzindo a qualidade de serviço como *output* indesejado. Esta investigação envolve 18 entidades gestoras chilenas, representando cerca de 90% da população daquele país, entre 2008 e 2012. Numa primeira fase, os autores avaliam a eficiência dos serviços chilenos, com o intuito de perceber quais os rendimentos à escala associados ao setor naquele país. Na segunda fase da análise são realizados testes estatísticos de forma a compreender que fatores exógenos influenciam a eficiência destes serviços. Os resultados indicam que os serviços do setor da água no Chile operam segundo CRS, revelando que as entidades gestoras não necessitam de crescer de forma a melhorar os seus níveis de eficiência. Outros resultados referem que a qualidade do serviço é essencial para a avaliação da sua eficiência, já que é de grande importância não penalizar os operadores que prestam os melhores serviços aos seus consumidores. Finalmente os autores indicam

que as variáveis externas afetam de forma positiva a eficiência das entidades gestoras chilenas. No Quadro 18 estão identificados os *inputs* e *outputs* utilizados na construção do modelo.

Quadro 18. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo de 18 entidades gestoras no Chile

Inputs	Outputs desejados	Outputs indesejados
OPEX (€)	Volume de água faturada (€)	Número de queixas (nº)
Pessoal (€)	Número de clientes (nº)	Valor de penalizações (€)
Extensão de redes (km)		

Brettenny e Sharp (2016) procuram avaliar a eficiência de 88 entidades gestoras dos serviços do setor da água na África do Sul com o objetivo de determinar os municípios que necessitam de intervenção por parte do governo daquele país. De uma forma geral, os resultados indicam que o desempenho das entidades gestoras da África do Sul operam a um nível de desempenho adequado. Outra conclusão é a melhoria dos níveis de eficiência relativamente a estudos anteriores, nomeadamente no ano de 2014, onde foi utilizada a metodologia FDH. Finalmente, os autores referem a necessidade do governo de utilizar, de forma adequada, os recursos existentes, procurando alocar recursos destinados a sectores eficientes aos sectores mais ineficientes, especialmente áreas rurais, caracterizados por níveis de desempenho baixos. Relativamente a este estudo são apresentados, no Quadro 19, os *inputs* e *outputs* usados na construção do modelo.

Quadro 19. *Inputs* e *outputs* referentes ao estudo de 88 entidades gestoras na África do Sul

Inputs	Outputs
OPEX (€)	Volume de água faturada (m ³)

Em anexo segue um quadro resumo dos estudos anteriormente descritos de forma a permitir uma melhor perceção do objeto do estudo, assim como os seus objetivos e resultados obtidos. São também identificados estudos entre 2000 e 2010, considerados estudos de grande relevância no setor da água.

Procurou-se analisar estudos recentes que aplicam a metodologia não paramétrica DEA com o objetivo de perceber se as variáveis utilizadas no seu desenvolvimento estariam de acordo com Berg e Marques (2011), representadas no Quadro 7. Através da revisão bibliográfica realizada, é possível verificar que as variáveis utilizadas nos estudos analisados encontram-se em linha com os autores referidos acima, adotando os custos operacionais e de pessoal bem como a extensão da rede de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais como *inputs*. O mesmo acontece em relação aos *outputs*, onde se destacam o volume faturado e número de clientes servidos como principais variáveis a obter através do modelo construído. O Quadro 20 evidencia as variáveis mais utilizadas nos estudos analisados.

Quadro 20. Variáveis mais utilizadas nos estudos analisados

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
OPEX (€)	Volume de água faturada (m ³)
Pessoal (nº, €)	Número de clientes (nº)
Extensão de redes (km)	

Percebendo quais as variáveis utilizadas neste tipo de estudos, o objetivo destes torna-se um aspeto fundamental. Através da literatura é possível entender que cada estudo tem o seu objetivo, de acordo com a amostra e com o local onde se insere. Contudo, os estudos analisados relacionam-se entre si através da avaliação de desempenho dos serviços de água e saneamento de águas residuais, em particular na medição da eficiência, no sentido de melhorar as pontuações de eficiência das entidades gestoras e fornecer serviços de qualidade aos seus consumidores.

4 Estudo de caso

Neste capítulo serão descritos e clarificados os fatores associados à definição do modelo DEA construído e utilizado no âmbito deste estudo. Em particular, serão apresentados temas relacionados com a amostra de entidades gestoras dos SAASAR, a especificação e orientação do modelo utilizado e as variáveis de entrada e saída selecionadas como *inputs* e *outputs*, que melhor descrevem o processo produtivo dos operadores do setor da água.

4.1 Amostra e recolha de dados

No âmbito desta dissertação, a escolha das UD recaiu sobre as entidades gestoras dos serviços do setor da água em Portugal continental. Nesse sentido, e tendo em conta os objetivos centrais do estudo em questão, optou-se por dividir a amostra selecionada por tipo de serviço realizado no setor da água.

A amostra escolhida incidiu sobre todas as entidades gestoras dos serviços de água a operar em “baixa”, no ano 2015, nomeadamente no serviço de abastecimento de água e no saneamento de águas residuais. Contudo, a falta de informação relativamente a algumas UD foi um fator decisivo para que o número total de operadores em avaliação diminuísse significativamente.

Assim, o conjunto de UD escolhido representa, na sua totalidade, cerca de 70% da população servida por este tipo de serviços públicos no nosso país para o ano em investigação. A distribuição geográfica dos operados selecionados pode ser consultada no Quadro 21, por tipo de serviço.

Quadro 21. Distribuição geográfica das EG em estudo

Distrito	SAA	SAR
Aveiro	3	3
Beja	13	13
Braga	5	8
Bragança	11	11
Castelo Branco	8	7
Coimbra	13	13
Évora	11	9
Faro	10	9
Guarda	13	11
Leiria	15	17
Lisboa	10	8
Portalegre	13	13
Porto	4	4
Santarém	10	11
Setúbal	12	12
Viana do Castelo	9	9
Vila Real	12	12
Viseu	20	21
Total	191	190

Através da análise do Quadro 21, podemos concluir que o número de entidades gestoras dos SAA e SAR é igual em grande parte dos distritos portugueses. No entanto, esta amostra poderá estar incompleta por não ter sido possível considerar todas as entidades gestoras dos serviços do setor da água. De acordo com a amostra em estudo, o distrito com maior número de entidades gestoras, em termos globais, é Viseu, seguido do distrito de Leiria. Em sentido contrário, o distrito com o menor número de entidades gestoras, em termos globais, é Aveiro.

Para a avaliação da eficiência UD em estudo será considerado o ano de 2015, como referido anteriormente. Todos os dados relativos à seleção de *inputs* e *outputs* que permitirão definir o modelo DEA a ser implementado foram obtidos através da base de dados da ERSAR, nomeadamente através do Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos de 2016 (ERSAR, 2016).

4.2 Especificação do modelo

A metodologia DEA apresenta dois modelos principais, CCR e BCC, descritos anteriormente, onde ambos são aplicados por forma a analisar e avaliar a eficiência de um conjunto de UD de uma determinada amostra. No entanto, outros modelos têm sido desenvolvidos e aplicados nas mais variadas áreas.

Este estudo tem por objetivo avaliar e analisar o desempenho das entidades gestoras dos SAASAR em Portugal através de uma técnica coerente e fiável, permitindo uma melhor interpretação dos resultados obtidos, dos quais se destacam os modelos CCR e BCC. Desse modo, a eficiência dos operadores do setor da água no nosso país, será estudada segundo o modelo CCR, caracterizado pela utilização de CRS, e segundo o modelo BCC, recorrendo à tecnologia VRS.

4.2.1 Orientação

Após a especificação do modelo a utilizar para a avaliação da eficiência no âmbito deste estudo, outro fator de grande importância é a definição do tipo de orientação a usar no modelo DEA desenvolvido. Tal como abordado no ponto 3.4, existem dois tipos de orientação passíveis de utilização, nomeadamente a orientação *input* e a orientação *output*. No caso da orientação *input* o propósito está na minimização dos *inputs* para um determinado nível de *outputs*, ao passo que a orientação *output* tem como objetivo a maximização dos *outputs* para uma dada quantidade de *inputs*. Além destes dois tipos de orientação existem ainda outras possibilidades como o modelo sem orientação. Neste caso, o modelo satisfaz simultaneamente as condições de minimização dos *inputs* e a maximização dos *outputs* (Dar *et al.*, 2016).

Por serem considerados serviços fundamentais ao bem-estar das populações, à saúde pública, às atividades económicas e à proteção do ambiente é importante referir que, nos estudos ao setor da água, deverá ser adotada uma perspetiva de minimização de *inputs*.

Nesta dissertação optou-se pela utilização da orientação *input* e da orientação *output* de forma a efetuar uma avaliação mais completa e rigorosa de cada entidade gestora presente na amostra. Assim, será possível avaliar se um operador no setor da água é eficiente, minimizando os seus *inputs* tendo em vista um dado nível de *outputs* (orientação *input*). Por outro lado, tendo em conta os diferentes modelos de gestão associados aos SAASAR, é comum a utilização da orientação *output* como forma de avaliar o desempenho das UD em análise, procurando descrever os níveis de eficiência de instituições direcionadas para o lucro.

4.2.2 *Inputs e outputs*

A seleção e definição de variáveis como *inputs* e *outputs* para o modelo DEA a implementar é crítica para a obtenção de resultados fiáveis. Para além disso as variáveis selecionadas devem abranger a totalidade, ou grande parte, do sistema em análise. Por outro lado, a utilização de variáveis incorretas ou pouco objetivas deve ser desencorajada, resultados de eficiência produzidos poderão ser substancialmente diferentes dos desejados.

Segundo Marques e Silva (2006) a escolha dos *inputs* e *outputs* deve considerar as variáveis que descrevam e caracterizem o processo produtivo das UD em análise de forma clara, assim como deve ter em conta o levantamento bibliográfico para o estudo em questão, a disponibilidade dos dados e o âmbito do estudo.

Tendo sido definido o objetivo e o contexto do problema em estudo, bem como a definição do tipo de orientação a utilizar no desenvolvimento do modelo DEA, deve-se verificar quais as variáveis descritivas das entidades gestoras dos SASAAR mais utilizadas na revisão bibliográfica que serviu de apoio a esta dissertação. Finalmente deve ser averiguada a disponibilidade dessas variáveis na base de dados consultada (ERSAR, 2016).

Através da revisão bibliográfica, efetuada no ponto 3.5 desta dissertação, obteve-se o Quadro 22 representativo do número de vezes que cada *input* e *output* são utilizados nos estudos analisados.

Quadro 22. Lista das variáveis usadas na revisão bibliográfica realizada

<i>Inputs</i>	Frequência	<i>Outputs</i>	Frequência
OPEX (€)	12	Volume de água faturado (€, m ³)	13
Pessoal (nº, €)	11	Número de clientes (nº)	8
Extensão de redes (km)	7	Extensão de redes (km)	1
CAPEX (€)	4	Número de clientes domésticos (nº)	1
Arrendamentos (€)	1	Número de clientes não domésticos (nº)	1
Capacidade de tratamento de resíduos (m ³)	1	Número de propriedades interligadas (nº)	1
Custo de Material (€)	1	Receita total (€)	1
Receitas (€)	1	Resíduos tratados (m ³)	1
Serviços (€)	1	Volume de águas residuais tratadas (m ³)	1

Observando o Quadro 22, conclui-se que segundo a revisão bibliográfica realizada, os *inputs* mais utilizados em estudos DEA aos serviços do setor da água são o OPEX, o pessoal afeto a este tipo de serviços e a extensão da rede dos mesmos. Por seu lado, os *outputs* mais utilizados são o volume de água faturado e o número de clientes servidos. Contudo, é importante realçar que este quadro foi elaborado seguindo a nomenclatura usada pelos autores de cada estudo. Por este motivo, existem variáveis com diferentes nomes que podem ser tratadas como sendo a mesma variável. Um exemplo, presente nos *outputs*, é o volume de águas residuais tratadas e o volume de água faturado, em que se considerarmos apenas o SAR, referem-se ao mesmo volume de água.

Realça-se também que o Quadro 22 não considera a separação dos serviços do setor da água, nomeadamente SAA e SAR, como apresentado em alguns estudos analisados na revisão de literatura. Este quadro apenas representa uma visão genérica de todas as variáveis, de entrada e de saída, utilizadas nos estudos com recurso à técnica DEA aplicados aos SAASAR.

Depois de satisfeitos os passos para uma escolha correta dos *inputs* e *outputs*, que englobam a definição do processo de produção associado ao setor da água e os objetivos a atingir, bem como a descrição de todas as variáveis usadas na literatura existente, procedeu-se à escolha dessas variáveis. É importante notar que esta fase é condicionada pela disponibilidade de informação na base de dados utilizada para a realização deste estudo. Para além disso, os serviços no setor da água dividem-se em dois segmentos distintos, nomeadamente serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, pelo que é importante definir as variáveis para cada um destes.

4.2.2.1 Serviços de abastecimento de água (SAA)

Relativamente ao SAA, a escolha dos *inputs* recaiu pelos custos operacionais, o comprimento médio das condutas e o pessoal afeto ao serviço de abastecimento de água. Após a definição das variáveis de entrada, definiram-se como *outputs* o volume de água faturado e o número de alojamentos com serviço efetivo.

No Quadro 23 são apresentados os parâmetros estatísticos de cada uma das variáveis utilizadas para a avaliação da eficiência das entidades gestoras do serviço de abastecimento de água para o ano de 2015.

Quadro 23. Parâmetros estatísticos dos *inputs* e *outputs* do SAA

	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	Mediana
Inputs					
Custos operacionais (€)	28.684.905	110.242	1.038.829	3.560.989	895.239
Comprimento médio das condutas (km)	1.708	0,2	252	267	178
Pessoal afeto ao SAA (nº)	394	1	25	48	11
Outputs					
Volume de água faturado (m ³)	93.464.467	85.958	1.890.021	7.191.762	528.051
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	294.273	1.225	14.438	30.345	6.474

4.2.2.2 Saneamento de águas residuais (SAR)

No segmento do SAR, os *inputs* escolhidos foram os custos operacionais, o comprimento médio dos coletores e o pessoal afeto ao saneamento de águas residuais. Quanto aos *outputs*, foram selecionados o volume de águas residuais faturado e o número de alojamentos com serviço efetivo.

No Quadro 24 são apresentados os parâmetros estatísticos de cada uma das variáveis utilizadas para a avaliação da eficiência das entidades gestoras do saneamento de águas residuais para o ano em estudo.

Quadro 24. Parâmetros estatísticos dos *inputs* e *outputs* do SAR

	Máximo	Mínimo	Média	Desvio Padrão	Mediana
Inputs					
Custos operacionais (€)	34.610.162	69.028	1.638.753	3.610.887	624.779
Comprimento médio dos coletores (km)	1.066	5	126	148	80
Pessoal afeto ao SAR (nº)	253	1	14	30	6
Outputs					
Volume de água residual faturado (m ³)	40.876.398	49.906	1.371.232	3.859.396	378.557
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	293.436	903	12.736	30.160	4.902

É importante referir que algumas das variáveis selecionadas não correspondem, em termos de nomenclatura às utilizadas na revisão bibliográfica realizada para este estudo, embora o seu significado seja o mesmo.

Salienta-se ainda que a escolha dos *inputs* e *outputs* selecionados deve obedecer a uma regra operacional habitualmente aplicada aos modelos DEA, ou seja, o número mínimo de UD a analisar deve ser superior ao triplo da soma do número de *inputs* e *outputs* (Cooper *et al.*, 2007). Para este estudo foram selecionadas cinco variáveis que descrevem o processo de produção de um operador do setor da água, designadamente 3 *inputs* e 2 *outputs*, perfazendo um mínimo aconselhável de UD a analisar de 15, valor significativamente abaixo do número de UD que irão ser efetivamente analisadas e avaliadas.

No Quadro 25 e Quadro 26 encontra-se apresentado um resumo geral do modelo a ser implementado para o SAA e SAR respetivamente.

Quadro 25. Especificação das características gerais do modelo DEA para o SAA

Orientação	Modelos	Inputs	Outputs
Orientação <i>Input</i>	DEA – CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Custos operacionais (€) 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume de água faturado (m³)
Orientação <i>Output</i>	DEA – BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Comprimento médio das condutas (km) • Pessoal afeto ao SAA (nº) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alojamentos com serviço efetivo (nº)

Quadro 26. Especificação das características gerais do modelo DEA para o SAR

Orientação	Modelos	Inputs	Outputs
Orientação <i>Input</i>	DEA – CCR	<ul style="list-style-type: none"> • Custos operacionais (€) 	<ul style="list-style-type: none"> • Volume de águas residuais faturado (m³)
Orientação <i>Output</i>	DEA – BCC	<ul style="list-style-type: none"> • Comprimento médio dos coletores (km) • Pessoal afeto ao SAR (nº) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alojamentos com serviço efetivo (nº)

5 Análise de resultados

Esta secção terá como objetivo a análise e interpretação dos resultados obtidos. Serão, também alcançados e explicados os objetivos definidos para este estudo. Entre as análises realizadas, destacam-se a análise da eficiência das entidades gestoras dos SAASAR em termos da sua localização geográfica (norte, centro e sul) e a análise do desempenho dos mesmos operadores segundo o modelo de gestão adotado por cada uma das UD definidas no ponto 5.1. É importante referir que, daqui em diante, a análise e interpretação dos resultados obtidos será efetuada segundo o modelo BCC, caso nada seja mencionado em contrário.

5.1 Serviços de abastecimento de água (SAA)

5.1.1 Resultados por região

No Quadro 27 e na Figura 6 são apresentados os indicadores principais de ET por região segundo a orientação *input* para o ano de 2015. Em termos globais, a pontuação média da ET das 191 EG analisadas é de 0,65. Constata-se que a região que mais contribuiu de forma positiva para esta média foi a região centro de Portugal continental, com uma pontuação de 0,68, um pouco acima das pontuações obtidas pelas regiões norte e sul do país. Em relação ao número de EG, contabiliza-se um total de 19 operadores do SAA consideradas eficientes no território continental português, correspondentes a 10% das UD analisadas. Destaca-se ainda a região sul, com apenas 2 EG consideradas eficientes, cerca de 4% dos operadores analisados, e a região centro com 13 operadores considerados eficientes, correspondentes a 19% das UD.

Quadro 27. Indicadores de eficiência do SAA por região segundo uma orientação *input*

	Global	Norte	Centro	Sul
Entidades gestoras (nº)	191	77	69	45
ET média	0,65	0,63	0,68	0,63
EE média	0,89	0,91	0,89	0,88
Mínimo ET	0,25	0,25	0,32	0,37
Mínimo EE	0,40	0,56	0,55	0,40
EG eficientes (nº)	19	4	13	2
EG eficientes (%)	10%	5%	19%	4%

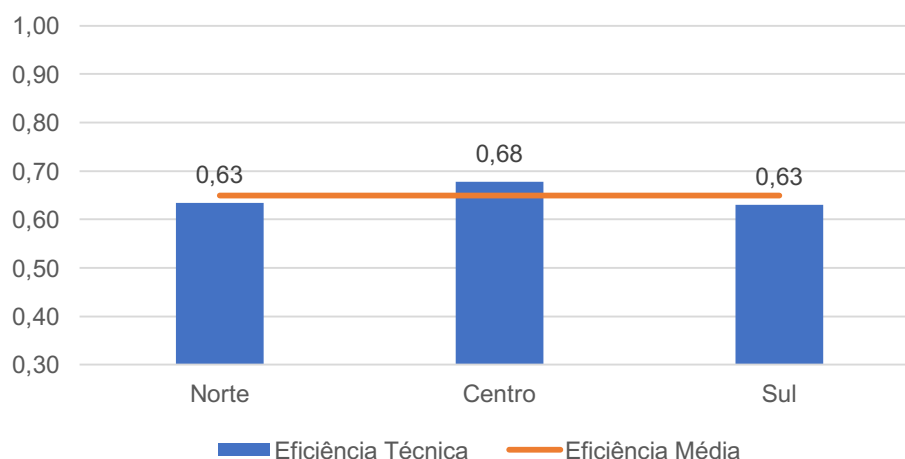
Orientação *Input*

Figura 6. Eficiência técnica das EG do SAA por região geográfica segundo orientação *input*

Os resultados dos principais indicadores de ET por região, segundo uma orientação *output*, são apresentados no Quadro 28 e na Figura 7. Verifica-se um decréscimo do valor de ET média, em termos globais, segundo uma ótica de maximização dos *outputs*, sendo a sua pontuação 0,58. Por outro lado, à semelhança dos resultados obtidos segundo a orientação *input* para o ano de 2015, a região centro é a que mais contribui de forma positiva para o valor da ET média. De uma forma geral, verifica-se também que todas as regiões são mais ineficientes seguindo a orientação *output* comparativamente com a orientação *input*. Este facto encontra-se demonstrado no número total de UD eficientes segundo uma orientação *output*, onde existem 8 EG eficientes.

Quadro 28. Indicadores de eficiência do SAA por região segundo uma orientação *output*

	Global	Norte	Centro	Sul
Entidades gestoras (nº)	191	77	69	45
ET média	0,58	0,58	0,60	0,55
EE média	0,95	0,96	0,94	0,94
Mínimo ET	0,17	0,17	0,31	0,26
Mínimo EE	0,55	0,82	0,57	0,55
EG eficientes (nº)	8	2	5	1
EG eficientes (%)	4%	3%	7%	2%

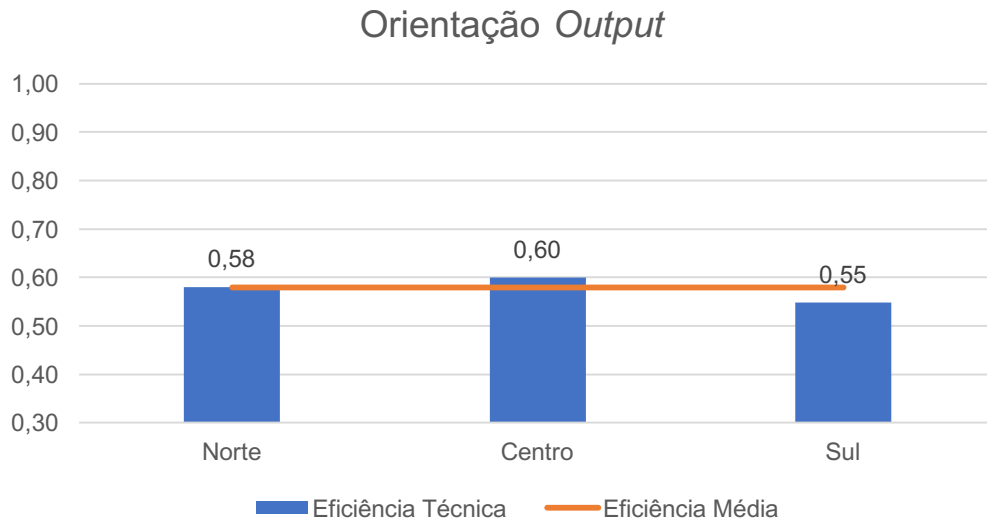


Figura 7. Eficiência técnica das EG do SAA por região geográfica segundo orientação *output*

5.1.1.1 Região Norte

Os resultados de eficiência referentes à região norte de Portugal, obtidos através da aplicação do modelo DEA, segundo as orientações *input* e *output*, às EG do SAA para o ano em estudo, encontram-se representados no Anexo II, Figuras 20 e 21.

No que respeita aos resultados dos modelos que consideram VRS, os municípios de Bragança e Felgueiras são considerados eficientes tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*, com pontuação de eficiência igual à unidade. Além destas UD, também os municípios de Freixo de Espada à Cinta e Mêda são eficientes, mas apenas segundo uma orientação *input*. De uma forma geral, podemos concluir que as EG eficientes são aquelas que consomem a menor quantidade de *inputs* para a produção de *outputs* verificada e, aquelas que produzem a maior quantidade de *outputs* para os *inputs* consumidos.

No extremo oposto, o concelho de Mondim de Basto é a EG mais ineficiente, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*, com pontuação de eficiência de 0,25 e 0,17, respetivamente.

5.1.1.2 Região Centro

Os resultados de eficiência para a região centro revelam que existem 13 EG eficientes, segundo uma orientação *input*, enquanto que segundo uma orientação *output* apenas 5 operadores são considerados eficientes. Os resultados de eficiência para a região centro são apresentados no Anexo II, Figuras 22 e 23.

Verifica-se que as 5 UD eficientes segundo uma orientação *output* são também eficientes segundo uma ótica de minimização de *inputs*. As EG em questão são: CARTÁGUA, EPAL e os municípios da Lousã, Oliveira do Hospital e Proença-a-Nova.

Quanto às EG com piores pontuações de eficiência segundo a tecnologia VRS destacam-se o SM de Abrantes e o município de Óbidos, com pontuações de 0,32 e 0,40 para uma orientação *input*, e pontuações de 0,31 e 0,37 para uma orientação *output*. Nota-se também que, o SM de Abrantes é o operador com pior pontuação de eficiência tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*.

5.1.1.3 Região Sul

Relativamente à região sul e segundo a tecnologia VRS, existem apenas 2 EG eficientes segundo uma ótica de minimização de *inputs* (CM de Barrancos e a CM de Loulé) e 1 EG eficiente segundo uma ótica de maximização de *outputs* (CM de Loulé), como se observa nas Figuras 24 e 25 do Anexo II.

Os operadores com piores pontuações de eficiência na região sul segundo uma orientação *input* são os concelhos de Santiago do Cacém e de Monchique, com pontuações de 0,37 e 0,38 respetivamente. Segundo uma orientação *output*, os municípios de Monchique e de Mourão são as UD com piores pontuações de eficiência, com 0,26 e 0,27 respetivamente.

5.1.2 Resultados por modelo de gestão

Os resultados apresentados nesta secção representam os principais indicadores de eficiência de cada uma das EG analisadas segundo o modelo de gestão adotado pelas mesmas. Tal como no ponto 6.1.1, o modelo utilizado segue as orientações *input* e *output*.

A amostra utilizada para o desenvolvimento deste estudo é composta por 191 UD, das quais apenas uma segue um modelo de gestão concessionada e outra adota um modelo de gestão delegada. Por esse motivo, apenas se apresentam, de forma detalhada, os resultados obtidos para as EG que adotam um modelo de gestão direta. Salienta-se, contudo, que as pontuações de eficiência da CARTÁGUA e da EPAL são pontuações iguais à unidade, pelo que estes operadores são considerados eficientes em termos globais.

Torna-se importante referir que os modelos de gestão descritos no ponto 2.1 dividem-se ainda em submodelos de gestão, nomeadamente em concessões municipais, empresas estatais, serviços municipais e/ou serviços municipalizados ou intermunicipalizados.

No Quadro 29 e na Figura 8 apresentam-se os indicadores principais de eficiência segundo os modelos de gestão identificados anteriormente segundo uma orientação de minimização de *inputs*.

Quadro 29. Indicadores de eficiência para EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *input*

	Global	Concessão municipal	Empresa estatal	Serviços municipais	Serviços municipalizados
Entidades gestoras (n^a)	191	1	1	169	20
ET média	0,65	1	1	0,65	0,59
EE média	0,89	1	1	0,89	0,95
Mínimo ET	0,25	1	1	0,25	0,32
Mínimo EE	0,40	1	1	0,40	0,65
EG eficientes (n^o)	19	1	1	15	2
EG eficientes (%)	10%	100%	100%	9%	10%

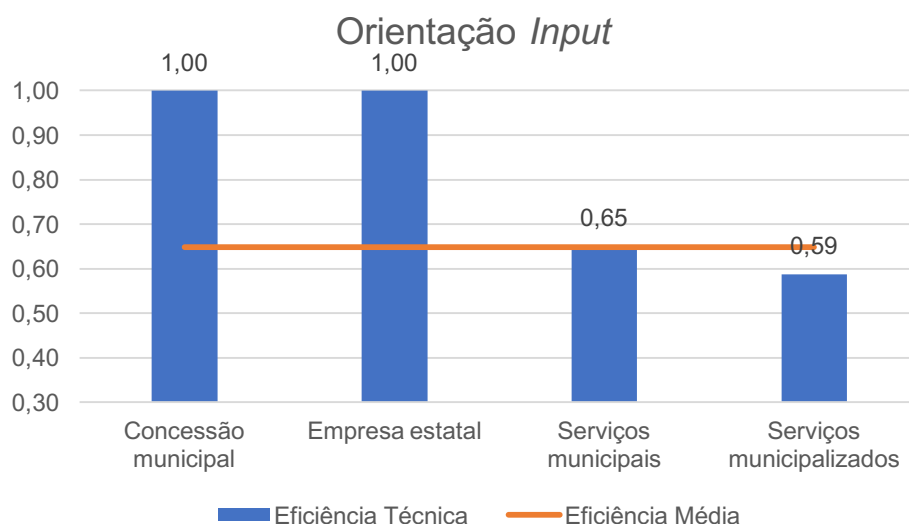


Figura 8. Eficiência técnica de EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *input*

Destaca-se, de imediato, a supremacia dos operadores que adotam o submodelo de serviço municipal relativamente aos que adotam o submodelo de serviço municipalizado. No que respeita ao indicador de ET média, nota-se que os serviços municipais operam com uma pontuação de eficiência de 0,65 enquanto que nos serviços municipalizados, o seu desempenho é de 0,59, em termos médios.

Outro resultado relevante encontra-se relacionado com a pontuação de EE, onde nos serviços municipalizados este indicador é superior ao dos serviços municipais. Isto significa que, em média, as EG que adotam um submodelo de serviço municipal apresentam um maior potencial de melhoria em termos de EE que os restantes operadores no SAA para o ano de 2015.

É de salientar ainda a idêntica percentagem de EG eficientes nos submodelos de gestão direta. No Quadro 29, a percentagem de operadores eficientes em serviço municipal é de 9%, enquanto que nos serviços municipalizados este valor é de 10%. É possível constatar que, através dos valores de ET médias e mínimas, existe uma maior dispersão nas pontuações de desempenho das EG a operar em serviço municipal do que nos serviços municipalizados.

As duas EG consideradas eficientes nos serviços municipalizados são o SIMAS de Oeiras e Amadora e o SM de Castelo Branco. No serviço municipal, são 15 as UD eficientes, das quais se destacam os municípios de Felgueiras, Lousã e Loulé.

Quadro 30. Indicadores de eficiência para EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *output*

	Global	Concessão municipal	Empresa estatal	Serviços municipais	Serviços municipalizados
Entidades gestoras (nº)	191	1	1	169	20
ET média	0,58	1	1	0,58	0,55
EE média	0,95	1	1	0,95	0,93
Mínimo ET	0,17	1	1	0,17	0,31
Mínimo EE	0,55	1	1	0,55	0,65
EG eficientes (nº)	8	1	1	6	0
EG eficientes (%)	4%	100%	100%	4%	0%

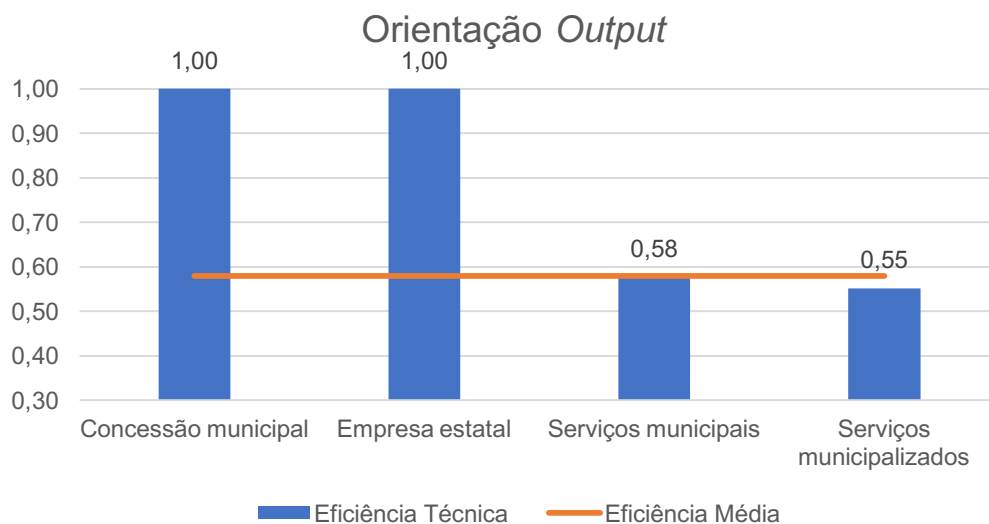


Figura 9. Eficiência técnica de EG do SAA em concessão municipal, empresa estatal, serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *output*

O Quadro 30 e a Figura 9 apresentam os mesmos indicadores de eficiência do Quadro 29 e da Figura 8, desta vez segundo a orientação *output*.

À semelhança dos resultados segundo a orientação *input*, as EG mais eficientes segundo uma ótica de maximização dos *outputs* continuam a ser aquelas que operam sob um modelo de serviço municipal. Contudo, segundo esta orientação, a diferença entre o grupo de UD mais eficientes (serviço municipal) e as UD menos eficientes (serviços municipalizados) é de 3 pontos percentuais. Nota-se ainda que, em termos globais as UD são mais eficientes segundo uma orientação *input* (0,65) do que de acordo com a orientação *output* (0,62). Em particular, no serviço municipal a pontuação de ET média diminui quando comparada com a orientação *input*, enquanto que no serviço municipalizado a ET aumenta 1 ponto percentual relativamente aos resultados obtidos através de uma ótica de minimização de *inputs*.

A tendência de redução da pontuação de ET média na orientação *output*, face à orientação *input*, é confirmada pelo número de operadores eficientes. Verifica-se que, segundo a orientação *output* existem 6 EG eficientes a operar sob um modelo de serviço municipal enquanto que, por outro lado, não existem EG eficientes a operar em serviços municipalizados.

5.1.3 Resultados em função da dimensão

Esta análise procura relacionar o modelo DEA adotado com os diferentes intervalos correspondentes ao número de alojamentos servidos pelo SAA. Assim, através da observação do Quadro 31 verificamos o número de EG eficientes do SAA alocados ao respetivo nível de intervalo relativo ao número de habitações servidas. A Figura 10 relaciona-se com o Quadro 31 através de um gráfico de dispersão, onde é possível observar a relatividade das UD analisadas.

Numa primeira análise, através da observação da Figura 10, verifica-se que a amostra se encontra concentrada nas EG que abastecem até 50 mil habitações e que cerca de 72% da amostra corresponde a valores inferiores a 95 mil alojamentos abastecidos. Por outro lado, a EPAL abastece cerca de 295 mil habitações. Apesar da amostra em estudo não ser equilibrada no número de operadores do SAA por intervalo, nota-se que as EG analisadas são mais eficientes segundo a tecnologia VRS para níveis de alojamentos servidos superiores a 50 mil habitações. Para além disso, através do Quadro 31, podemos concluir que, em termos globais existem mais EG eficientes segundo o modelo BCC.

As diferenças obtidas podem ser sustentadas na formulação matemática do modelo BCC, já que esta formulação apresenta uma restrição de convexidade que permite distinguir entre a eficiência técnica e de escala. No caso do modelo CCR, este avalia a eficiência global de UD com base em rendimentos constantes à escala (CRS), afetando o desempenho das EG com maior número de alojamentos servidos.

Por fim, as linhas de regressão linear apresentadas na Figura 10 têm por objetivo confirmar o facto de o modelo BCC apresentar níveis de eficiência superiores relativamente ao modelo CCR para níveis de alojamentos servidos superiores às 50 mil habitações.

Quado 31. Resultado do número de EG eficientes através dos modelos CCR e BCC em função do número de alojamentos servidos no SAA

Classes de Alojamentos servidos (nº)	Total EG	EG eficientes (CRS)	% EG eficientes (CRS)	EG eficientes (VRS)	% EG eficientes (VRS)
0 a 50mil	182	7	4%	15	8%
50 a 100mil	5	0	0%	0	0%
100 a 300mil	4	2	25%	4	100%
Total	191	9	5%	19	10%

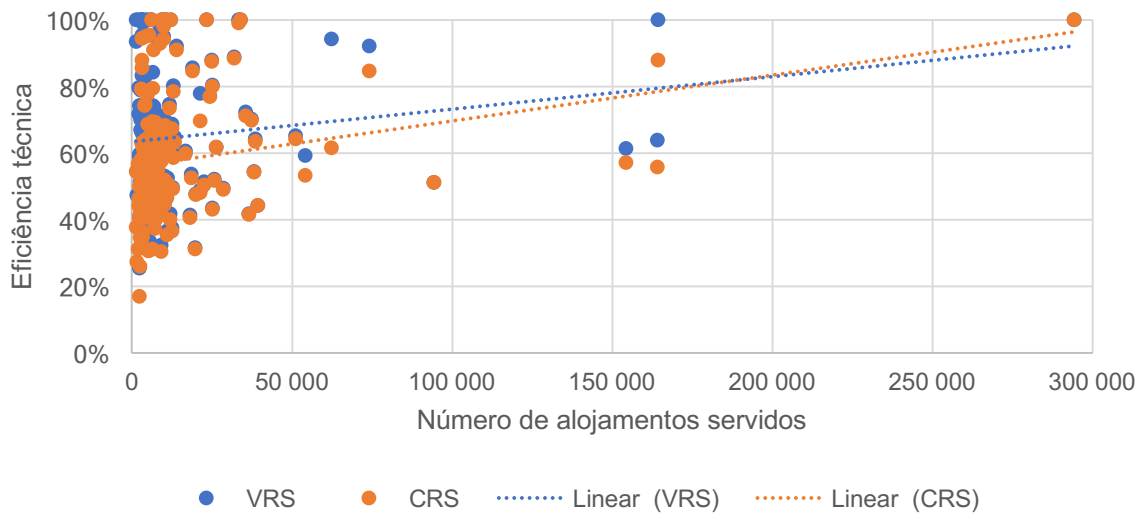


Figura 10. Resultados em função do número de alojamentos servidos no SAA

5.1.4 *Slacks, Targets e Peers*

Neste ponto serão apresentados os *slacks* (folgas) em termos médios de cada variável escolhida como descritiva do processo produtivo de um operador do SAA e os *targets* (metas) de eficiência de 3 EG. Os *slacks* e os *targets* serão apresentados quer para uma orientação *input* quer para uma orientação *output*. Será ainda apresentada a contagem de *peers* para as EG *benchmarks*.

5.1.4.1 Orientação *Input*

No Quadro 32 apresentam-se os valores médios das *slacks* de cada uma das variáveis escolhidas e utilizadas neste estudo orientadas à minimização dos *inputs*. Através da sua observação, constata-se que, em termos médios, a folga da variável pessoal afeto ao SAA é muito próxima do valor nulo, pelo que podemos concluir que as EG deste tipo de serviço se encontram a um bom nível. A variável alojamentos com serviço efetivo com uma *slack* muito inferior ao valor médio de habitações servidas considerado na amostra em estudo, 14.437,8 demonstra igualmente o bom nível das EG em estudo. Outra variável que confirma o bom nível dos operadores do SAA em Portugal é o comprimento médio das condutas, com um valor significativamente abaixo da média da amostra (252,1km).

Quanto às restantes variáveis verifica-se que, apesar de cada uma se situar abaixo da média da amostra analisada, o potencial de melhoria é maior, com destaque para os custos operacionais, onde são gastos mais de 54 mil euros pelas EG analisadas e o volume de água faturado que é deficitário em quase 800 mil metros cúbicos de água.

Quadro 32. Valor médio das *slacks* do SAA segundo orientação *input*

Variável	Slack
Custos operacionais (€)	54.395
Comprimento médio das condutas (km)	12
Pessoal afeto ao SAA (nº)	0
Volume de água faturado (m ³)	765.848
Alojamentos com serviço efetivo (n)	5

Devido ao conjunto de EG do SAA para o ano em estudo ser muito vasto, optou-se por efetuar uma análise dos *targets* de eficiência para 3 operadores destes serviços, um para cada região geográfica. Foram escolhidos os municípios de Albufeira e Fornos de Algodres e o SMAS de Vila Franca de Xira. No Quadro 33 encontram-se representados os valores dos *targets* de eficiência para as 3 UD em causa.

Quadro 33. *Targets* de eficiência do SAA segundo uma orientação *input*

Variáveis	CM de Fornos de Algodres	SMAS de Vila Franca de Xira	CM de Albufeira
Custos operacionais (€)	581.019	2.488.399	6.382.266
	<i>659.019</i>	<i>10.797.619</i>	<i>7.659.416</i>
Comprimento médio das condutas (km)	72	195	722
	<i>72</i>	<i>195</i>	<i>722</i>
Pessoal afeto ao SAA (nº)	5	91	60
	<i>5</i>	<i>124</i>	<i>60</i>
Volume de água faturado (m ³)	212.120	18.138.966	8.137.278
	<i>204.179</i>	<i>8.142.524</i>	<i>8.137.278</i>
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	3.113	62.231	36.585
	<i>3.113</i>	<i>62.231</i>	<i>36.585</i>

Nota: As entradas a itálico representam o valor das variáveis para o ano de 2015

Para se tornarem eficientes segundo a orientação *input*, o município de Fornos de Algodres e o SMAS de Vila Franca de Xira terão de sofrer reduções ao nível dos custos operacionais em 78 mil euros (12%) e cerca de 8 milhões de euros respetivamente. Destaca-se o SMAS de Vila Franca de Xira já que, em termos percentuais a redução descrita equivale a cerca de 77% dos seus custos operacionais atuais, o que demonstra o potencial de melhoria desta EG ao nível dos custos operacionais. Ao mesmo tempo, estas UD terão que aumentar percentualmente cerca de 4% e 120% respetivamente do volume de água faturado. Realça-se novamente a EG da região Centro pelo seu potencial de melhoria ao nível deste *output*.

Finalmente, a CM de Albufeira para se tornar eficiente terá que reduzir o nível do *input* relacionado com os custos operacionais. Esta redução será da ordem de 1 milhão e 300 mil euros, equivalente a 17%.

Para se tornarem eficientes, segundo uma orientação *input*, os passos a seguir estariam relacionados com a diminuição dos *inputs* e aumento dos *outputs* de cada uma das EG acima discriminadas. Contudo, estas metas não são fáceis de alcançar. Em relação aos *inputs*, apesar de serem necessárias reduções consideráveis, sobretudo ao nível dos custos operacionais destes operadores, existem uma maior facilidade de intervenção por parte destas entidades, já que é o próprio operador a acarretar com possíveis custos de implementação destas medidas. Ainda assim, a redução dos *inputs* pode implicar investimentos avultados, tornando-se um obstáculo à sua implementação.

Relativamente aos *outputs*, os operadores do SAA não possuem influencia sobre estas variáveis, nomeadamente no volume de água faturado, diretamente ligado ao consumo de água pela população em geral. Nesse sentido, torna-se difícil às EG do SAA atingir as metas propostas.

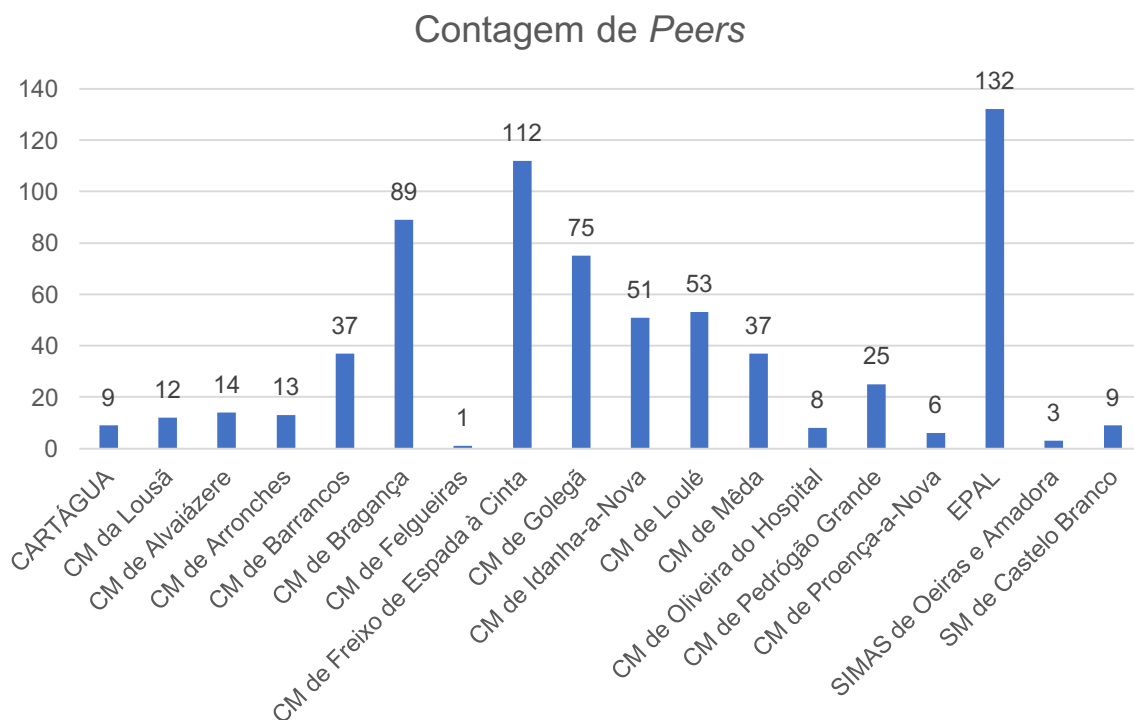


Figura 11. Contagem de *peers* do SAA segundo uma orientação *input*

A contagem de *peers* é um indicador relativo associado ao número de vezes que uma UD considerada eficiente serve de comparação para as UD ineficientes, constituindo assim os *benchmarks* (boas práticas). Assim, quanto maior o número de *peers* de uma determinada UD indica que esta constitui uma boa prática, sendo um *benchmark* para as restantes UD. Na Figura 11 estão representados o número de *peers* para o SAA segundo uma orientação *input*.

Através da observação da Figura 11 verifica-se que três EG se destacam das demais em número de *peers*: CM de Bragança, CM de Freixo de Espada à Cinta e EPAL, sendo que duas se encontram localizadas na região norte de Portugal e a outra na região centro. Destacam-se ainda os municípios de Barrancos e Loulé como *peers* da região sul, mas consideravelmente abaixo dos três operadores referidos inicialmente.

5.1.4.2 Orientação *Output*

No Quadro 34, análogo ao Quadro 32, representa os *slacks* do SAA para o ano de 2015 segundo uma orientação *output*. Os *slacks* são de 20,3 mil euros nos custos operacionais, de 11 quilómetros no comprimento médio das condutas e 1,5 milhões de metros cúbicos de volume de água faturada. Destaca-se, particularmente, o pessoal afeto ao SAA e os alojamentos servidos por este tipo de serviço, por terem *slacks* iguais a 0. Conclui-se, deste modo, que esta variável se encontra a um nível excelente, refletindo-se em todas as UD analisadas, cuja respetiva folga é igual a 0.

Quadro 34. Valor médio das *slacks* do SAA segundo orientação *output*

Variável	Slack
Custos operacionais (€)	20.357
Comprimento médio das condutas (km)	11
Pessoal afeto ao SAA (nº)	0
Volume de água faturado (m ³)	1.502.422
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	0

No quadro abaixo, apresentam-se os *targets* de eficiência para 3 UD, designadamente os municípios de Fornos de Algodres e Albufeira e o SMAS de Vila Franca de Xira. O Quadro 34 reflete os *targets* de eficiência segundo uma orientação *output*.

Quadro 35. *Targets* de eficiência do SAA segundo uma orientação *output*

Variáveis	CM de Fornos de Algodres	SMAS de Vila Franca de Xira	CM de Albufeira
Custos operacionais (€)	650.019	10.400.154	6.012.756
	<i>659.019</i>	<i>10.797.619</i>	<i>7.659.416</i>
Comprimento médio das condutas (km)	72	195	722
	<i>72</i>	<i>195</i>	<i>722</i>
Pessoal afeto ao SAA (nº)	5	124	60
	<i>5</i>	<i>124</i>	<i>60</i>
Volume de água faturado (m ³)	506.414	8.142.524	8.137.278
	<i>204.179</i>	<i>8.142.524</i>	<i>8.137.278</i>
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	3.113	62.231	36.585
	<i>3.113</i>	<i>62.231</i>	<i>36.585</i>

Nota: As entradas a itálico representam o valor das variáveis para o ano de 2015

De forma análoga ao Quadro 33, representativo dos *targets* segundo uma orientação *input*, nota-se a necessidade de implementar medidas com vista a estas 3 EG atingirem o seu target de eficiência segundo uma orientação *output*.

A CM de Fornos de Algodres não necessitaria de efetuar nenhuma alteração ao nível de *inputs*, colocando-se numa posição mais favorável relativamente ao SMAS de Vila Franca de Xira e ao município de Albufeira. No entanto, ao nível dos *outputs*, este município teria de sofrer um aumento no volume de água faturado para os 506 mil metros cúbicos de água faturada para que seja considerada eficiente.

Relativamente ao município de Albufeira, segundo uma orientação *output*, esta UD teria que sofrer alterações ao nível dos custos operacionais, nomeadamente uma redução de 1,6 milhões de euros. Por fim, o operador que gere os SAA no concelho de Vila Franca de Xira teria que atuar nos seus *inputs*, sendo necessária uma diminuição de 4% nos seus custos operacionais para ser eficiente.

A contagem de *peers* segundo uma orientação *output* está representada na Figura 12. Verifica-se que se destacam o concelho de Bragança, com um total de 168 *peers*, seguido do município de Loulé e EPAL com 160 *peers* cada um, respetivamente.

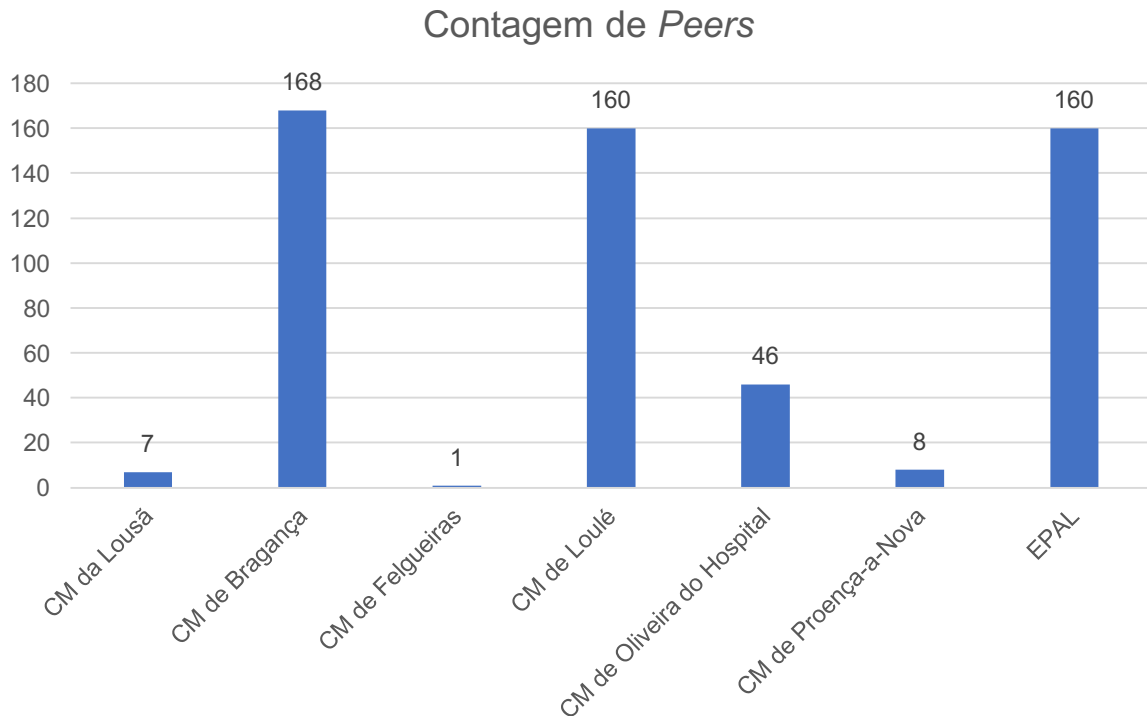


Figura 12. Contagem de *peers* do SAA segundo uma orientação *output*

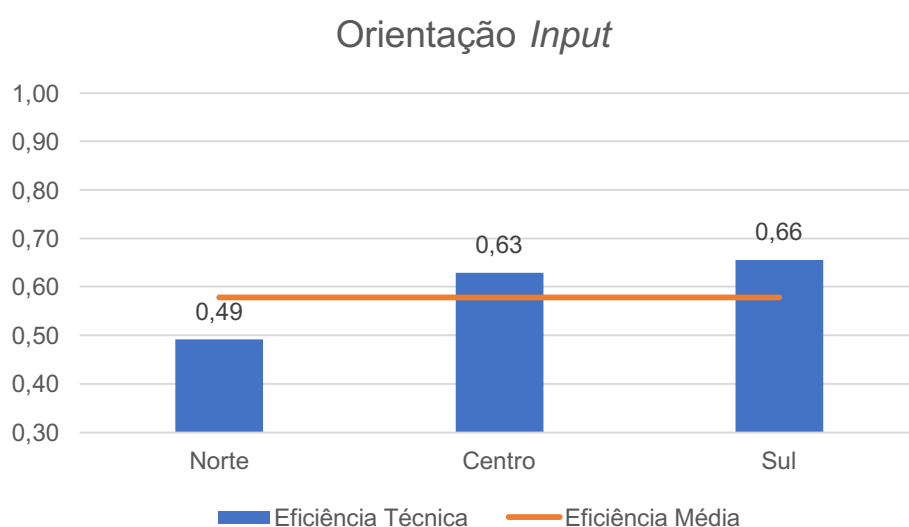
5.2 Saneamento de águas residuais (SAR)

5.2.1 Resultados por região

O Quadro 36 e a Figura 13 refletem, à semelhança do SAA, os indicadores principais de ET do SAR por região, segundo uma orientação *input*. Em termos globais, constata-se que a ET média das 190 EG em análise foi de 0,58. Nota-se que a região norte contribui de forma negativa para este resultado, com uma ET média de 0,49, muito abaixo das regiões centro e sul com pontuações de 0,63 e 0,66 respetivamente. Em relação ao número de operadores do SAR, existe um total de 16 UD em todo o território nacional. Destaca-se, no entanto, o baixo valor percentual de EG eficientes na região norte de Portugal (cerca de 1% das EG presentes na amostra são eficientes). Na região centro e na região sul, 13% e 14% das UD analisadas são consideradas eficientes, equivalente a 9 e 6 operadores respetivamente.

Quadro 36. Indicadores de eficiência do SAR por região segundo uma orientação *input*

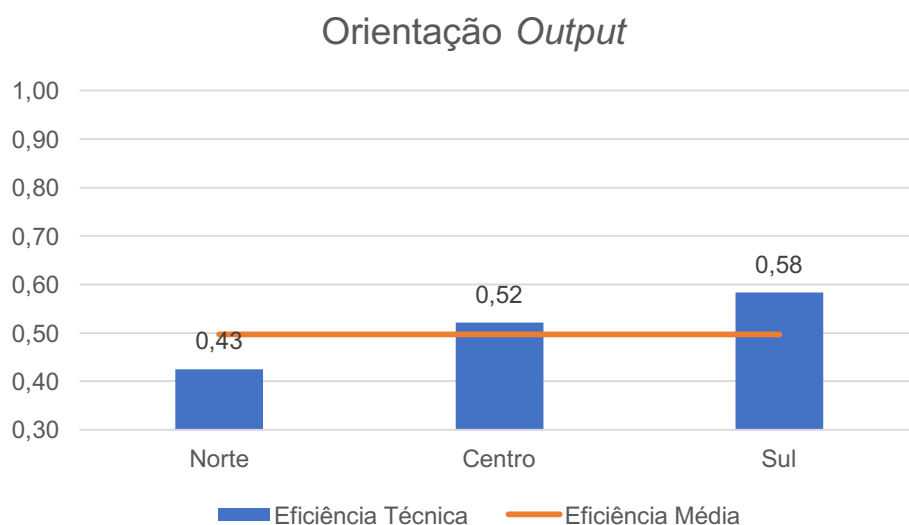
	Global	Norte	Centro	Sul
Entidades gestoras	190	78	68	44
ET média	0,58	0,49	0,63	0,66
EE média	0,86	0,87	0,83	0,90
Mínimo ET	0,19	0,19	0,31	0,27
Mínimo EE	0,35	0,39	0,35	0,53
EG eficientes (nº)	16	1	9	6
EG eficientes (%)	8%	1%	13%	14%

Figura 13. Eficiência Técnica das EG do SAR por região geográfica segundo orientação *input*

Por outro lado, o Quadro 37 e a Figura 14 apresentam os mesmos indicadores segundo uma orientação *output*. À semelhança dos resultados obtidos segundo uma orientação *input*, a região norte é aquela que representa uma menor contribuição para o valor médio de ET em termos globais (0,43). Nota-se também, que segundo uma ótica de maximização de *outputs*, as EG nesta região são consideradas ineficientes. Quanto às regiões centro e sul, com valores médios de ET de 0,52 e 0,58 respetivamente, contribuem de forma positiva para a média do mesmo indicador em termos globais. Em termos de UD eficientes, contabilizam-se um total de 9 EG, sendo que 5 localizam-se na região centro e 4 na região sul de Portugal. Os resultados obtidos revelam ainda que, segundo uma orientação *output*, todas regiões são mais ineficientes quando comparados com os resultados anteriores, segundo uma ótica de minimização de *inputs*.

Quadro 37. Indicadores de eficiência do SAR por região segundo uma orientação *output*

	Global	Norte	Centro	Sul
Entidades gestoras (nº)	190	77	68	45
ET média	0,50	0,43	0,52	0,58
EE média	0,86	0,87	0,83	0,90
Mínimo ET	0,14	0,17	0,14	0,25
Mínimo EE	0,35	0,39	0,35	0,53
EG eficientes (nº)	9	0	5	4
EG eficientes (%)	5%	0%	7%	9%

Figura 14. Eficiência técnica das EG do SAR por região geográfica segundo orientação *output*

5.2.1.1 Região Norte

Os resultados de eficiência referentes à região norte de Portugal, obtidos através da aplicação do modelo DEA, segundo as orientações *input* e *output*, às EG do SAR, encontram-se representados nas Figuras 26 e 27 do Anexo III.

Nos modelos VRS, para esta região, nota-se a existência de apenas uma EG considerada eficiente, segundo uma orientação *input* designadamente a CM de Mondim de Basto. Relativamente à orientação *output*, os resultados obtidos permitem concluir que não existe nenhuma UD eficiente para esta região. Em sentido contrário, as EG mais ineficientes, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*, são os municípios de Montalegre (0,19 e 0,18), Ponte de Lima (0,20 e 0,20), Tarouca (0,25 e 0,20) e Valença (0,25 e 0,19).

Destaca-se a pontuação da única EG eficiente na região norte, CM de Mondim de Basto, segundo as duas orientações, já que houve uma redução significativa da sua pontuação segundo uma orientação *output* relativamente à orientação *input*, de 1 para 0,45.

5.2.1.2 Região Centro

Os resultados obtidos relativamente à região centro revelam que, segundo uma orientação *input* existem 9 EG eficientes, enquanto que segundo uma orientação *output* apenas 5 UD analisadas são consideradas eficientes. Destacam-se os municípios de Lisboa, Portalegre, Proença-a-Nova, Sousel e o SMAS de Vila Franca de Xira por serem eficientes, tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*.

Quanto aos operadores do SAR com piores pontuações de eficiência destacam-se, segundo uma orientação *input* as CM de Ferreira do Zêzere, Óbidos e Lousã com 0,32, 0,31 e 0,37 respetivamente. Na orientação *output* salienta-se o município de Ferreira do Zêzere com uma pontuação de 0,14.

Os resultados de eficiência referentes à região centro, segundo as orientações *input* e *output*, encontram-se representados no Anexo III, Figuras 28 e 29.

5.2.1.3 Região Sul

Em relação à região sul, considerando VRS, existem 6 EG eficientes segundo uma orientação *input*, nomeadamente os municípios de Barrancos, Barreiro, Ferreira do Alentejo, Mértola, Ourique e Vidigueira. Segundo uma orientação *output*, são 4 as UD consideradas eficientes, designadamente as CM de Ferreira do Alentejo, Mértola, Ourique e Vidigueira. Conclui-se, desta forma, que existem 4 operadores do SAR eficientes segundo as duas orientações CM de Ferreira do Alentejo, Mértola, Ourique e Vidigueira.

Em sentido inverso, as EG com piores pontuações de eficiência segundo uma orientação *input* são os municípios de Odemira, Santiago do Cacém e Sesimbra pontuações 0,27, 0,29 e 0,29 respetivamente. Segundo uma ótica de maximização de *outputs* os mesmos municípios são considerados os mais ineficientes com pontuações 0,25, 0,26 e 0,29 respetivamente.

Nas Figuras 30 e 31 do Anexo III estão representados os resultados de eficiência, segundo uma orientação *input* e *output*, para as EG do SAR da região sul.

5.2.2 Resultados por modelo de gestão

Os resultados apresentados nesta secção representam os principais indicadores de eficiência de cada uma das EG do SAR analisadas segundo o modelo de gestão adotado pelas mesmas. Tal como no ponto 6.2.1, o modelo utilizado segue as orientações *input* e *output*.

Segundo o Quadro 38 e a Figura 15 nota-se que as EG que operam segundo um modelo de serviço municipalizado têm em média uma ET superior às UD que operam segundo um modelo de serviço municipal, com pontuações 0,61 e 0,58 respetivamente. Outro resultado de relevo consiste na percentagem de EG eficientes segundo os dois modelos de gestão, 8% para os serviços municipais e 12% nos serviços municipalizados. Tendo em conta os resultados obtidos, salienta-se ainda uma maior dispersão nos valores médios e mínimos de ET nos serviços municipais em relação aos serviços municipalizados.

Quadro 38. Indicadores de eficiência para EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *input*

	Global	Serviços municipais	Serviços municipalizados
Entidades gestoras (nº)	190	173	17
ET média	0,58	0,58	0,61
EE média	0,86	0,85	0,95
Mínimo ET	0,19	0,19	0,39
Mínimo EE	0,35	0,35	0,83
EG eficientes (nº)	16	14	2
EG eficientes (%)	8%	8%	12%

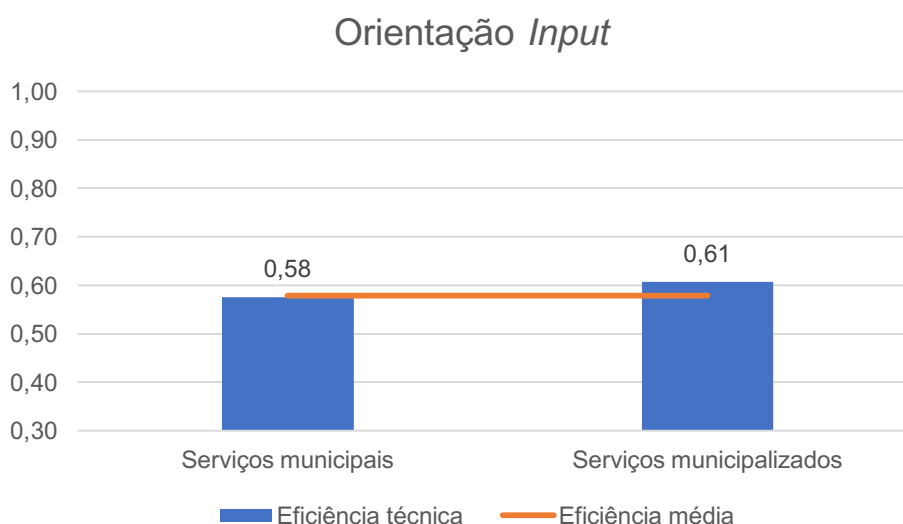


Figura 15. Eficiência técnica de EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *input*

O Quadro 39 e a Figura 16 representam os mesmos indicadores de eficiência do Quadro 38 e da Figura 15, segundo uma orientação *output*.

À semelhança dos resultados segundo uma orientação *input*, as EG em serviço municipalizado são, em termos médios, mais eficientes que aquelas que operam em serviço municipal. Nota-se ainda que a diferença entre os serviços municipais e os serviços municipalizados aumenta relativamente à orientação *input*. Segundo uma orientação *output* os serviços municipais alcançam uma pontuação de eficiência de 0,49 enquanto que os serviços municipalizados obtêm um desempenho de 0,57. Em termos globais destaca-se também que as EG do SAR são mais eficientes segundo uma orientação *input* (0,58) do que segundo uma orientação *output* (0,50).

Em relação ao número de operadores eficientes, nota-se uma diminuição face à orientação *input*, onde existiam 16 EG eficientes, enquanto que numa ótica de maximização de *outputs* existem apenas 9 UD eficientes. De notar o município da Vila de Rei, considerado eficiente segundo uma orientação *input* (ET igual a 1) e que segundo uma orientação *output* apenas obteve uma ET de 0,45.

Quadro 39. Indicadores de eficiência para EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *output*

	Global	Serviços municipais	Serviços municipalizados
Entidades gestoras (nº)	190	173	17
ET média	0,50	0,49	0,57
EE média	0,86	0,85	0,95
Mínimo ET	0,14	0,14	0,39
Mínimo EE	0,35	0,35	0,83
EG eficientes (nº)	9	8	1
EG eficientes (%)	5%	5%	6%

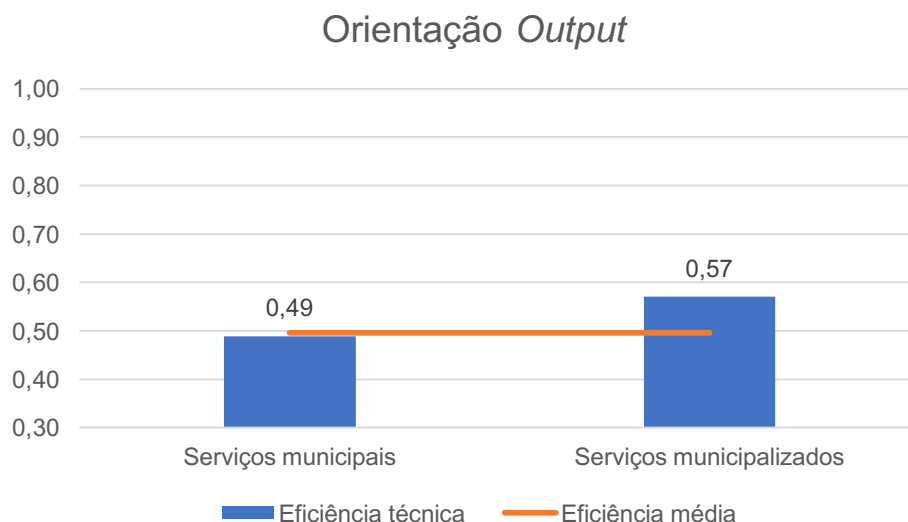


Figura 16. Eficiência técnica de EG do SAR em serviços municipais e serviços municipalizados segundo uma orientação *output*

5.2.3 Resultados em função da dimensão

De forma análoga ao SAA, serve esta avaliação para relacionar os modelos DEA implementados com os intervalos correspondentes ao número de habitações servidas pelo SAR em Portugal. Assim, através da observação do Quadro 40 verificamos o número de EG eficientes deste serviço alocados ao respetivo nível de intervalo correspondente ao número de alojamentos servidos.

De forma quase imediata constata-se que a amostra em estudo se encontra concentrada nas EG que servem cerca de 50mil alojamentos e que aproximadamente cerca de 70% da amostra corresponde a valores inferiores a 100 mil habitações servidas. A CM de Lisboa, com cerca de 300 mil alojamentos servidos, é o operador do SAR com o maior valor na amostra considerada. Tal como no SAA, a amostra não é equilibrada, contudo, para níveis superiores de alojamentos servidos, prevê-se que a utilização do modelo BCC produzirá resultados mais eficientes, o que se reflete nos resultados apresentados pelo Quadro 40.

A Figura 17 relaciona-se com o Quadro 40 no sentido em que permite observar a relação entre os operadores do SAR analisados com o número de alojamentos servidos pelas EG deste tipo de serviços.

Quadro 40. Resultado do número de EG eficientes através dos modelos CCR e BCC em função do número de alojamentos servidos no SAR

Classes de Alojamentos servidos (nº)	Total EG	EG eficientes (CRS)	% EG eficientes (CRS)	EG eficientes (VRS)	% EG eficientes (VRS)
0 a 50mil	183	7	4%	13	7%
50 a 100mil	3	1	33%	1	33%
100 a 300mil	4	1	25%	2	50%
Total	190	9	5%	16	8%

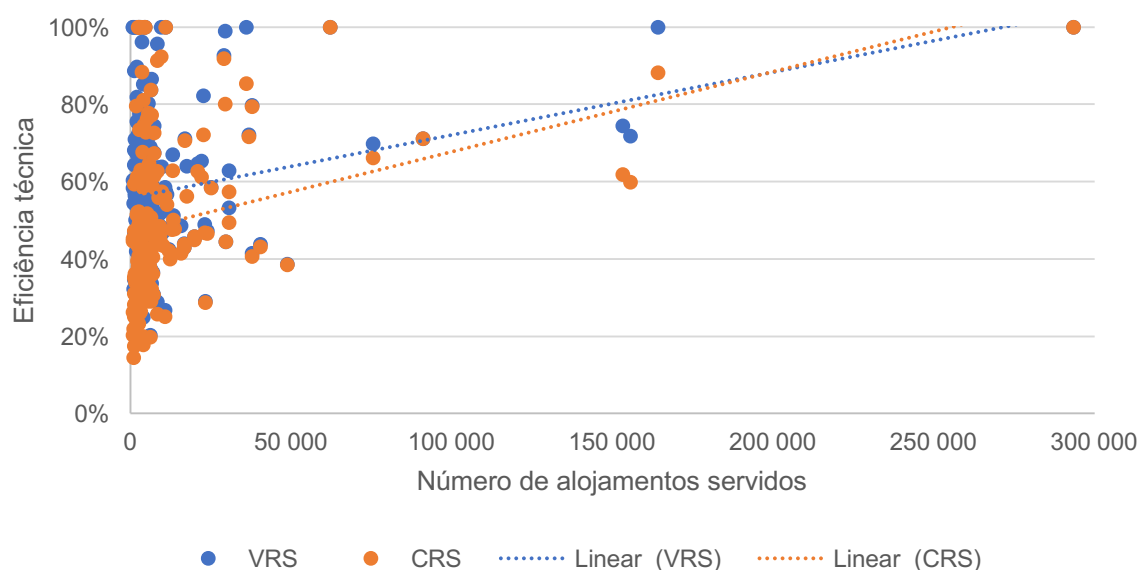


Figura 17. Resultados em função do número de alojamentos servidos no SAR

5.2.4 *Slacks, Targets e Peers*

Nesta secção apresentam-se os valores médios das *slacks* (folgas) de cada uma das variáveis selecionadas como descritiva do modelo de produção do SAR. Apresentam-se ainda as metas de eficiência, *targets*, para 3 EG. As *slacks* e os *targets* serão apresentados segundo as orientações aplicadas neste estudo, ou seja, orientação *input* e orientação *output*. Serão ainda apresentados a contagem dos *peers* para o SAR em 2015 tanto uma orientação *input* como para uma orientação *output*.

5.2.4.1 Orientação *Input*

O Quadro 41 apresenta os valores médios das *slacks* de cada uma das variáveis do modelo segundo uma orientação *input*. Relativamente aos *inputs* nota-se que em termos médios, o valor das

folgas do comprimento médio dos coletores e do pessoal afeto ao SAR é reduzido, indicando que, de uma forma geral, as EG deste tipo de serviços se encontram a um bom nível nestas variáveis. No entanto, os custos operacionais apresentam uma *slack* 8.453 euros, revelando um potencial de melhoria nesta variável. Nos *outputs*, destaca-se igualmente o potencial de melhoria destas variáveis, onde existe um défice de cerca de 190 mil metros cúbicos de água residual faturada e de 224 alojamentos servidos em Portugal.

Quadro 41. Valor médio das *slacks* do SAR segundo orientação *input*

Variável	Slack
Custos operacionais (€)	8.453
Comprimento médio dos coletores (km)	5
Pessoal afeto ao SAR (nº)	2
Volume de água residual faturada (m ³)	189.118
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	224

Os *targets* de eficiência apresentados no Quadro 42 referem-se a 3 UD relativas a cada uma das regiões geográficas analisadas anteriormente. Nesse sentido, apresentam-se os *targets* para as CM de Mesão Frio, Mourão e Pedrogão Grande.

Quadro 42. *Targets* de eficiência do SAR segundo uma orientação *input*

Variáveis	CM de Mesão Frio	CM de Pedrogão Grande	CM de Mourão
Custos operacionais (€)	292.952	324.490	230.224
	<i>313.747</i>	<i>373.676</i>	<i>299.365</i>
Comprimento médio dos coletores (km)	38	114	31
	<i>38</i>	<i>190</i>	<i>31</i>
Pessoal afeto ao SAR (nº)	4	1	2
	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Volume de água residual faturada (m ³)	129.762	208.839	148.706
	<i>60.697</i>	<i>101.060</i>	<i>116.913</i>
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	1.364	2.909	1.892
	<i>1.221</i>	<i>975</i>	<i>1.585</i>

Nota: As entradas a itálico representam o valor das variáveis para o ano de 2015

Para se tornar eficiente segundo uma orientação *input*, o município de Mesão Frio terá que efetuar alterações a vários níveis, nomeadamente através da redução dos seus custos operacionais em cerca de 7%, para os 292 mil euros. No entanto, esta medida não seria suficiente, pelo que o concelho de Mesão Frio teria ainda que aumentar o volume de água residual faturada em mais do dobro do volume faturado no ano de 2015. Seria necessário também, um aumento do número de

alojamentos servidos em cerca de 12%. A CM de Pedrogão Grande segue a mesma tendência de Mesão Frio. Para que fosse considerada eficiente, seria necessária uma redução ao nível dos seus custos operacionais na ordem dos 13% e um aumento ao nível dos *outputs* na ordem dos 27% (volume de água residual faturada) e 19% (alojamentos com serviço efetivo). Porém, seria ainda necessária uma redução do comprimento médio dos coletores dos 190 para os 114 quilómetros de extensão.

Por fim, a CM de Mourão necessita de realizar alterações ao nível dos *inputs* e *outputs*, no sentido de se tornar eficiente. Uma redução para 69,1 mil euros, aliado a um aumento do nível dos *outputs*, em cerca de 27% no volume de água residual faturada e 19% no número de alojamentos efetivamente servidos.

À semelhança do que acontece nos SAA, as alterações necessárias para que as UD em questão se tornem eficientes no SAR não são simples de alcançar. Ao nível dos *inputs*, a facilidade de intervenção é maior, no entanto estas reduções requerem investimentos significativos, o que poderá tornar-se um entrave à sua implementação. Por outro lado, o facto de ser considerado um direito universal da humanidade implica que este serviço tenha que ser prestado ininterruptamente às populações. Nesse sentido, as EG não têm influência nos *outputs* gerados, sendo necessário garantir um serviço de qualidade aos consumidores.

Na Figura 18 encontra-se representada a contagem de *peers* para o SAR segundo uma orientação *input*. O SMAS de Vila Franca de Xira destaca-se das restantes EG, em número de *peers*, com 140. Seguem-se depois as CM de Arronches, Lisboa e Sousel com 92, 75 e 72 *peers* respetivamente. Nota-se que as UD que mais servem de termo comparativo a UD ineficientes localizam-se na zona Centro do país. A única EG da região Norte considerada *benchmark* para UD ineficientes é o município de Mondim de Basto com um total de 4 *peers*, muito longe dos concelhos com maior número de *peers*.

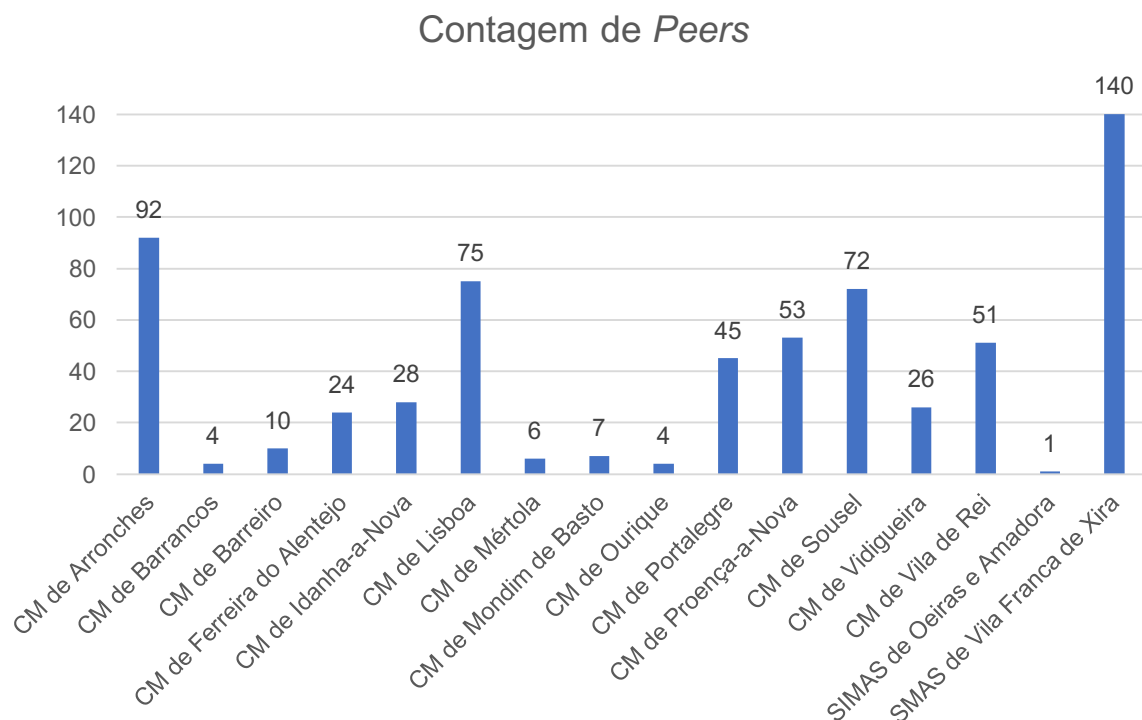


Figura 18. Contagem de *peers* do SAR segundo uma orientação *input*

5.2.4.2 Orientação *Output*

No Quadro 43 é análogo ao Quadro 41, exceto o facto de este refletir os *slacks* segundo uma orientação *output*. Como acontece na orientação *input*, os *slacks* do comprimento médio dos coletores e do pessoal afeto ao SAR são reduzidos, com 9 quilómetros e 2 funcionários respetivamente. Nos custos operacionais, nota-se uma diferença significativa na folga gerada pelo modelo DEA segundo uma orientação *output*, com 157 euros, enquanto que na orientação *input*, o *slack* da mesma variável atinge os 8,5 milhares de euros. Os restantes *slacks* são de 408,7 milhares de metros cúbicos de água residual faturada e 223 alojamentos servidos.

Quadro 43. Valor médio das *slacks* do SAR segundo orientação *output*

Variável	Slack
Custos operacionais (€)	157
Comprimento médio dos coletores (km)	9
Pessoal afeto ao SAR (nº)	2
Volume de água residual faturada (m ³)	408.764
Alojamentos com serviço efetivo (nº)	223

Com uma abordagem idêntica ao Quadro 42, o Quadro 44 apresenta os *targets* de eficiência para uma orientação *output*.

Quadro 44. *Targets* de eficiência do SAR segundo uma orientação *output*

Variável	CM de Mesão Frio	CM de Pedrogão Grande	CM de Mourão
Custos operacionais (€)	313.747	373.676	299.365
	<i>313.747</i>	<i>373.676</i>	<i>299.365</i>
Comprimento médios dos coletores (km)	38	43	31
	<i>38</i>	<i>190</i>	<i>31</i>
Pessoal afeto ao SAR (nº)	4	1	2
	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
Volume de água residual faturada (m ³)	580.901	101.060	328.580
	<i>60.697</i>	<i>101.060</i>	<i>116.913</i>
Alojamentos com serviço efetivo	1.221	975	1.585
	<i>1.221</i>	<i>975</i>	<i>1.585</i>

Nota: As entradas a itálico representam o valor das variáveis para o ano de 2015

À semelhança da orientação *input*, serão necessárias alterações significativas para as EG referidas atingirem o seu target de eficiência e por conseguinte serem consideradas UD eficientes.

O município de Mesão Frio requer um aumento ao nível do *output* de volume de água residual faturada na ordem dos 520 mil metros cúbicos. Da mesma forma, a CM de Mourão terá que aumentar o seu volume de água residual faturada para os 328 mil metros cúbicos para atingir uma pontuação igual à unidade. Por outro lado, o concelho de Pedrogão Grande terá que atuar no comprimento médio dos coletores, sendo necessária uma redução de 77% para que se torne uma UD eficiente.

A contagem de *peers* segundo uma orientação *output* encontra-se representada na Figura 20. Verifica-se que o SMAS de Vila Franca de Xira se destaca das restantes EG eficientes, com um total de 177 *peers*, seguido dos municípios de Portalegre e Sousel com 94 e 80 *peers* respetivamente. Nota-se que as UD com maior número de *peers* estão situadas na região Centro. Salienta-se também o número de *peers* das UD da região Sul entre os 13 e os 21. Finalmente, nota-se que não existem EG localizadas na região Norte de Portugal que são consideradas *benchmarks* relativamente a UD ineficientes.

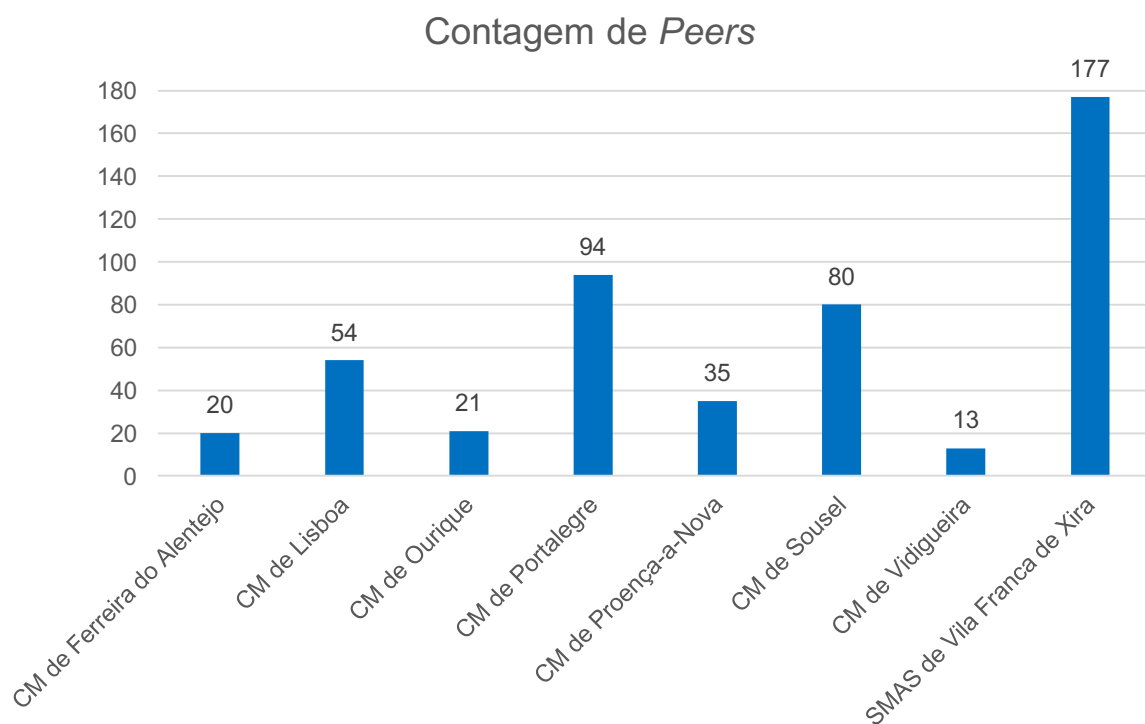


Figura 19. Contagem de *peers* do SAR segundo uma orientação *output*

6 Conclusões

6.1 Síntese conclusiva

Este trabalho de investigação incidu na análise e avaliação da eficiência dos operadores do setor da água em Portugal continental. De acordo com a amostra selecionada pretendeu-se, em primeiro lugar, investigar as diferenças de pontuações de eficiência por região geográfica e por modelo de gestão adotado por cada uma das EG a atuar no setor, tanto no SAA como no SAR.

Na literatura, existem várias metodologias para a avaliação de desempenho que poderiam ser utilizadas no desenvolvimento deste estudo. No entanto, após ponderar as vantagens e desvantagens da utilização de cada técnica, optou-se por usar a metodologia não paramétrica com recurso a uma fronteira eficiente DEA. De uma forma geral, a DEA é um método de avaliação de desempenho baseado em programação matemática utilizado para calcular a eficiência relativa de UD que consomem um ou múltiplos *inputs* e produzem um ou vários *outputs*. O modelo de medição de eficiência pode seguir duas orientações, designadamente, orientação *input* e/ou orientação *output*. A orientação *input* segue uma minimização de *inputs* mantendo os *outputs* constantes, por outro lado, a orientação *output* segue uma maximização dos *outputs* mantendo os *inputs* constantes. Neste estudo optou-se por utilizar os dois tipos de orientação referidos acima.

Um dos passos mais importantes para este estudo é, sem dúvida, a seleção de variáveis que, posteriormente, serão utilizadas como *inputs* e *outputs* do modelo a construir. Após uma revisão bibliográfica, aliado à informação disponível na base de dados utilizada, foram selecionados 3 *inputs* e 2 *outputs* tanto para o SAA como para o SAR. Como *inputs* do SAA foram escolhidos os custos operacionais, o comprimento médio das condutas e o pessoal afeto a este serviço. Quanto aos *outputs* foram escolhidos o volume de água faturada e o número de alojamentos com serviço efetivo. No SAR selecionaram-se como *inputs* os custos operacionais, o comprimento médio dos coletores e o pessoal afeto a este serviço, enquanto que o volume de água residual faturada e o número de alojamentos servidos foram selecionados como *outputs*.

Após a definição do modelo, segue-se a sua implementação de forma a serem obtidos as pontuações de eficiência de cada EG para os dois tipos de serviços em causa. No SAA, das 191 UD analisadas, apenas 19 são consideradas eficientes segundo uma orientação *input*, no caso da orientação *output* o número de operadores com pontuação igual à unidade é ainda mais baixo, 8 EG. Em termos médios, o valor de eficiência segundo uma orientação *input* situou-se em 0,65 enquanto que segundo uma orientação *output* o mesmo indicador foi de 0,58. Conclui-se, então, que segundo uma ótica de minimização de *inputs* os operadores do SAA são mais eficientes do que na maximização dos seus *outputs*.

A análise do desempenho dos operadores do SAA por região permite concluir que as UD localizadas no centro do país são as mais eficientes comparativamente com as regiões norte e sul, segundo os dois tipos de orientação. No sentido inverso, as UD localizadas na região sul de Portugal são as mais ineficientes tanto para uma orientação *input* como para uma orientação *output*.

Outra análise efetuada à amostra em estudo esteve relacionada com o modelo de gestão associado a cada uma das EG do SAA: concessão municipal, empresa estatal, serviço municipal ou serviço municipalizado. É possível verificar que, de uma forma geral, os operadores em serviço municipal são mais eficientes que os operadores em serviço municipalizado, tanto numa orientação *input* como numa orientação *output*. Contudo, é de destacar que numa ótica de minimização dos *inputs* existem 2 EG eficientes em serviço municipalizado, enquanto que na maximização dos *outputs* todas as UD do mesmo modelo de gestão são consideradas ineficientes.

Realizou-se ainda uma análise aos operadores do SAA em termos da sua dimensão, com o objetivo de relacionar o *output* associado ao número de alojamentos servidos ao seu nível de eficiência. Notou-se, em primeiro lugar, que cerca de 70% das EG envolvidas neste estudo abastecem cerca de 95 mil habitações. Contudo, os resultados indicam que os níveis de eficiência são superiores para as EG que abastecem mais de 95 mil casas. De uma forma geral destaca-se ainda que os resultados obtidos através do modelo DEA que utiliza VRS gera resultados mais eficientes do que o modelo que utiliza uma tecnologia de CRS.

Relativamente às medidas apresentadas para os municípios de Albufeira e Fornos de Algodres e para o SMAS de Vila Franca de Xira serem considerados eficientes, através da alteração dos seus *inputs* e *outputs*, salienta-se que algumas delas poderão ser difíceis de alcançar, caso do volume de água faturada. Por outro lado, medidas como a redução do número de funcionários, bem como uma redução significativa dos custos operacionais, seriam metas atingíveis pelos operadores que gerem estes serviços, tendo por objetivo uma operação mais eficiente.

No SAR, foram analisadas 190 UD, das quais 16 foram consideradas eficientes segundo uma orientação *input*, ao passo que segundo uma orientação *output* apenas 9 EG tiveram pontuação igual a 1. A eficiência média, numa ótica de minimização de *inputs* atingiu a pontuação de 0,58 e baseado numa ótica de maximização de *outputs* atingiu a pontuação de 0,50. À semelhança do que acontece no SAA, conclui-se que segundo uma orientação *input*, os operadores deste segmento são mais eficientes do que maximizando os seus *outputs*.

A análise de eficiência das EG do SAR por região permite chegar à conclusão que os operadores da região centro de Portugal são aqueles que mais contribuem para o valor médio de eficiência segundo as duas orientações. No entanto, relativamente ao número de EG eficientes, destaca-se a região norte segundo uma orientação *output*, já que todas as UD são ineficientes.

Foi ainda realizada uma análise relacionada com o modelo de gestão associado a cada operador do SAR, à semelhança do que acontece no SAA. Neste segmento, a amostra em estudo apenas compreende EG segundo um de dois modelos: serviço municipal ou serviço municipalizado. Nota-se que, nas duas orientações, as UD em serviço municipalizado têm um melhor desempenho em termos médios, contudo o número de operadores eficientes neste modelo (orientação *input*: 2 EG; orientação *output*: 1 EG) é reduzido quando comparado com o número de operadores eficientes em serviço municipal (orientação *input*: 14 EG; orientação *output*: 8 EG).

Por fim analisou-se a relação entre a eficiência dos operadores do SAR e o *output* associado ao número de alojamentos servidos. Neste tipo de serviço, é possível constatar que a amostra em estudo está concentrada até 100 mil habitações servidas e que à semelhança do que acontece no SAA, o modelo BCC, em comparação com o modelo CCR, produz resultados mais eficientes para os operadores para níveis superiores de alojamentos servidos.

Relativamente às medidas apresentadas para que, no SAA, os municípios de Albufeira e Fornos de Algodres e o SMAS de Vila Franca de Xira sejam considerados eficientes, através da alteração dos seus *inputs* e *outputs*, salienta-se que algumas delas poderão ser difíceis de alcançar, caso do volume de água faturada. Por outro lado, medidas como a redução do número de funcionários, bem como uma redução significativa dos custos operacionais, seriam metas atingíveis pelos operadores que gerem estes serviços, tendo por objetivo uma operação mais eficiente.

No SAR, as medidas a implementar nas CM de Mesão Frio, Mourão e Pedrogão Grande com o propósito destas se tornarem eficientes, poderão não ser totalmente exequíveis. De forma análoga ao que acontece no SAA, alterações de *inputs* ou *outputs* diretamente ligados ao consumo da população poderão ser difíceis de atingir. Em sentido contrário, medidas relacionadas com a redução de custos operacionais e do número de funcionários seriam mais simples de executar, tornando essas UD eficientes.

De acordo com o INE (2014), a população nacional tenderá, de uma forma geral, a diminuir nas próximas décadas. Nesse sentido seria interessante perceber como os operadores dos SAASAR irão responder a esta, possível, alteração dos padrões de consumo de água no nosso país, mantendo o nível de eficiência atual.

6.2 Limitações

Após a conclusão deste trabalho de investigação, é indispensável apresentar as suas limitações de maneira a que não sejam efetuadas interpretações erradas.

Em primeiro lugar, é importante destacar que a disponibilidade dos dados foi, por diversas vezes, um entrave ao desenvolvimento deste estudo. Contudo, foram adotadas medidas para contornar este obstáculo através de uma filtragem da base de dados existente. Neste estudo, contabilizam-se 191 EG do SAA e 190 operadores do SAR de Portugal continental. Um ponto interessante seria analisar os operadores do setor da água nos arquipélagos dos Açores e da Madeira, tentando identificar oportunidades de melhoria nessas áreas geográficas, calculando o desempenho dos seus operadores.

Inicialmente, o âmbito deste estudo era mais alargado, considerando os dados disponíveis pela ERSAR para os anos de 2014 e 2015. Contudo, observou-se que as amostras dos anos em causa não eram as iguais no número de EG existentes para os dois serviços, pelo que não faria sentido uma comparação dos resultados de eficiência nos dois anos. Por esse motivo optou-se por analisar a eficiência para o ano mais recente.

Outra limitação relacionada com a amostra em estudo encontra-se no facto de não serem tidas em conta as dimensões dos distritos e a população de cada um. Para além disso, não foram tidas em conta as desigualdades de uns operadores relativamente a outros, nomeadamente a população servida por cada EG e o facto de se situarem em zonas rurais ou em cidades.

Em segundo lugar, é de realçar que as pontuações de eficiência obtidas são baseadas nas variáveis escolhidas como *inputs* e *outputs* do modelo DEA. É importante referir que qualquer alteração de variáveis poderá conduzir a resultados significativamente diferentes dos que são aqui apresentados.

A seleção do *software* indicado para a análise da eficiência levada a cabo neste estudo foi, também, outro fator que atrasou o seu desenvolvimento. Inicialmente existiam outros programas que seriam opções válidas para este trabalho, no entanto, uns eram limitados ao nível dos dados a utilizar, outros com instalação complexa e, finalmente, outros onde seria necessário obter uma licença paga para a sua utilização sem limitações.

Por fim, como referido anteriormente, a DEA mede a eficiência relativa das UD em estudo. Assim, as EG aqui consideradas eficientes deverão continuar a trabalhar no sentido de atingir uma operação mais eficiente.

6.3 Trabalhos futuros

O principal objetivo deste estudo foi estimar e avaliar a eficiência dos operadores de água em Portugal. Contudo, em trabalhos futuros seria interessante a utilização de outras variáveis, metodologias e abordagens que permitissem obter uma consistência de resultados sustentada.

De forma a que os resultados apresentados por este estudo ganhem consistência sugere-se, em primeiro lugar que mais estudos ao setor da água sejam realizados. A metodologia DEA, com alterações reduzidas na estrutura de *inputs* e *outputs* descritivos de um operador do setor da água, assim como a utilização de outras técnicas em estudos deste tipo são fundamentais para obter uma visão distinta daquela que é aqui apresentada. Para além disso, essas iniciativas permitiriam ainda efetuar comparações entre estudos futuros e este.

Outro fator de interesse seria a realização de uma análise anual, que admitisse a possibilidade de registo das pontuações de eficiência das EG dos SAASAR, de modo a avaliar o seu comportamento ao longo de vários anos.

Bibliografia

- Aigner, D., Lovell, C., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37.
- Ancarani, A. (2000). Evolution of water firms performance in providing water services in Sicily. In *EIASM International Conference on Accounting, Auditing & Management in Public Sectors Reform: Proceedings, Saragoça (Spain)*, 14.
- Ancarani, A., Capaldo, G., & Raffa, M. (2000). A framework for evaluating quality level of standardised public services: an application to Italian water supply service. In *EIASM 10th Workshop on Quality Management in Services: Designing System Chain Processes for High Performance Services: Proceedings. Birmingham (UK)*, 20.
- Anwandter, L., & Ozuna, T. J. (2002). Can public sector reforms improve the efficiency of public water utilities? *Environment and Development Economics*, 7(4), 687–700.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078–1092.
- Berg, S., & Marques, R. (2011). Quantitative studies of water and sanitation utilities: a literature survey. *Water Policy*, 13(5), 591–606.
- Brettenny, W., & Sharp, G. (2016). Efficiency evaluation of urban and rural municipal water service authorities in South Africa: A data envelopment analysis approach. *Water SA*, 42(1), 11–19.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
- Chen, C.-F. (2007). Applying the stochastic frontier approach to measure hotel managerial efficiency in Taiwan. *Tourism Management*, 28(3), 696–702.
- Chen, L.-F., Hsiao, C.-H., & Tsai, C.-F. (2010). Three-stage-DEA model selections and managerial decision. *African Journal of Business Management*, 4(14), 3046–3055.
- COM. (2003). Livro Verde: Sobre Serviços De Interesse Geral. *COM(2003) 270 final, Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas, Bélgica*.
- Cook, W., & Zhu, J. (2005). *Modeling performance measurement: applications and implementation issues in DEA*. Springer.
- Cooper, W., Seiford, L., & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Springer, Second Edition.
- Cooper, W., Seiford, L., & Zhu, J. (2004). *Handbook on Data Envelopment Analysis - International Series in Operations Research & Management Science*. Kluwer Academic Publishers, Second Edition.
- Da Cruz, N., Marques, R., Romano, G., & Guerrini, A. (2012). Measuring the efficiency of water utilities: A cross-national comparison between Portugal and Italy. *Water Policy*, 14(5), 841–853.
- Dar, Q. F., Padi, T. R., & Tali, A. M. (2016). Mixed input and output orientations of Data Envelopment Analysis with Linear Fractional Programming and Least Distance Measures. *Statistics, Optimization & Information Computing*, 4, 326–341.
- De Witte, K., & Marques, R. (2007). Designing incentives in local public utilities, an international

- comparison of the drinking water sector. *Department of Economics, University of Leuven, Belgium*, 7, 1–32.
- De Witte, K., & Marques, R. (2010). Designing performance incentives, an international benchmark study in the water sector. *Central European Journal of Operations Research*, 18(2), 189–220.
- De Witte, K., & Saal, D. (2010). Is a little sunshine all we need? On the impact of sunshine regulation on profits, productivity and prices in the Dutch drinking water sector. *Journal of Regulatory Economics*, 37(3), 219–242.
- Donthu, N., Hershberger, E., & Osmonbekov, T. (2005). Benchmarking marketing productivity using data envelopment analysis. *Journal of Business Research*, 58(11), 1474–1482.
- Drake, L., & Simper, R. (2005). Police Efficiency in Offences Cleared: An Analysis of English 'Basic Command Units'. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 165–186.
- Elmuti, D., Kathawala Yunus, & Lloyed, S. (1997). The Benchmarking Process: Assessing Its Value and Limitations. *Industrial Management*, 39(4), 12–19.
- ERSAR. (2015). *Relatório Anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal - 2014*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- ERSAR. (2016). *Relatório Anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal - 2016 (Vol. 1)*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Europeia, U. (2000). Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000, que estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, (327).
- Fare, R., Grosskopf, S., & Lovell, C. (1985). *The Measurement of Efficiency of Production*. Springer Science Business Media.
- Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of The Royal Society*, 120(3), 342–358.
- González-Gómez, F., García-Rubio, M., Alcalá-Olid, F., & Ortega-Díaz, M. I. (2013). Outsourcing and Efficiency in the Management of Rural Water Services. *Water Resources Management*, 27(3), 731–747.
- Guerrini, A., Romano, G., Leardini, C., & Martini, M. (2015). Measuring the efficiency of wastewater services through data envelopment analysis. *Water Science and Technology*, 71(12), 1845–1851.
- Guerrini, A., Romano, G., Leardini, C., & Martini, M. (2015). The effects of operational and environmental variables on efficiency of Danish water and wastewater utilities. *Water*, 7(7), 3263–3282.
- Helgason, S. (1997). International Benchmarking Experiences from OECD Countries International Benchmarking. Em *International Benchmarking*.
- Helpman, E., & Krugman, P. (1986). Market structure and foreign trade: Increasing returns, imperfect competition and the international economy. *Journal of International Economics*, 21(1), 183–187.
- Hu, J.-L., Chiu, C.-N., Shieh, H.-S., & Huang, C.-H. (2010). A stochastic cost efficiency analysis of international tourist hotels in Taiwan. *International Journal of Hospitality Management*, 29(1), 99–107.
- IAPMEI. (2016). Benchmarking e boas práticas - Processo. Obtido de

- <https://www.iapmei.pt/getattachment/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao/Benchmarking-e-Boas-Praticas/Processo.pdf.aspx>
- INE. (2014). *Projeções de População Residente 2012-2060*.
- Kamarudin, N., Ismail, W. R., & Mohd, M. A. (2015). Malaysian Water Utilities Performance Using Two-Stage DEA. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, 5(1), 60–66.
- Kraemer, R. (1999). Public and Private Management of Water Services. *Paper presented at «Semana Internacional de Estudos sobre Gestão de Recursos Hídricos», Foz do Iguaçu, Brasil*.
- Kuah, C. T., & Wong, K. Y. (2011). Efficiency assessment of universities through data envelopment analysis. *Procedia Computer Science*, 3(1), 499–506.
- Lai, M. C., Huang, H., & Wang, W. (2011). Designing a knowledge-based system for benchmarking: A DEA approach. *Knowledge-Based Systems*, 24(5), 662–671.
- Le Lannier, A., & Porcher, S. (2014). Efficiency in the public and private French water utilities: Prospects for Benchmarking. *Applied Economics*, 46(5), 556–572.
- Liang, T. (2003). Empirical relative efficiency analysis of major Australian water service providers using DEA. *Global Developments in Water Industry Performance Benchmarking: Proceedings, Perth, Western Australia (Australia)*, 11.
- Liu, A., Ge, G., & Kaizhong, Y. (2011). Returns to scale in the production of selected manufacturing sectors in China. *Energy Procedia*, 5, 604–612.
- Lovell, C., Fried, H., & Schmidt, S. (1993). *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. Oxford University Press.
- Magalhães, M., & Bessa, A. (2012). Qualidade e sustentabilidade dos serviços de abastecimento de águas e saneamento. *Comissão do Ambiente, Ordenamento do Território e Poder Local*.
- Mandl, U., Dierx, A., & Ilzkovitz, F. (2008). *The effectiveness and efficiency of public spending. Economic Papers EU*.
- Marques, R. (2005). *A Regulação dos Serviços de Água e de Águas Residuais. A Aplicação de Técnicas não Paramétricas de Benchmarking. Dissertação de Doutoramento*. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Marques, R. (2008). Comparing private and public performance of Portuguese water services. *Water Policy*, 10(1), 25–42.
- Marques, R. (2011). A regulação dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais - Uma perspectiva internacional. *Entidade Reguladora dos Serviços de Abastecimento de Água e Resíduos*.
- Marques, R., Berg, S., & Yane, S. (2011). *Performance Benchmarking Analysis of Japanese Water Utilities. University of Florida, Department of Economics, Public Utility Research Center (PURC) Working Paper*.
- Marques, R., & De Witte, K. (2010). Towards a benchmarking paradigm in European water utilities. *Public Money & Management*, 30(1), 42–48.
- Marques, R., & Monteiro, A. (2004). Measuring efficiency and productivity of water and sanitation services - a benchmarking exercise in Portugal. *Global Developments in Water Industry Performance Benchmarking: Proceedings. Perth, Western Australia (Australia), 29 September to 2*

October, 228–246.

- Marques, R., & Monteiro, A. (2005). Technical efficiency of the water and sewerage services. An empirical study. *3th International Conference Efficient Use and Management of Water for Urban Supply: Proceedings. Santiago (Chile): International Water Association (IWA), 14-18 March*, 8.
- Marques, R., & Silva, D. (2006). Inferência estatística dos estimadores de eficiência obtidos com a técnica fronteira não paramétrica de DEA: uma metodologia de Bootstrap. *Investigação Operacional*, 26(1), 89–110.
- Mbuvi, D., Witte, K. De, & Perelman, S. (2012). Urban water sector performance in Africa: A step-wise bias-corrected efficiency and effectiveness analysis. *Utilities Policy*, 22(1), 31–40.
- Meeusen, W., & Broeck, J. van Den. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18(2), 435.
- Molinos-Senante, M., Maziotis, A., & Sala-Garrido, R. (2014). The Luenberger productivity indicator in the water industry: An empirical analysis for England and Wales. *Utilities Policy*, 30, 18–28.
- Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R., & Lafuente, M. (2015). The role of environmental variables on the efficiency of water and sewerage companies: a case study of Chile. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(13), 10242–10253.
- Mortimer, D., & Peacock, S. (2002). *Hospital Efficiency Measurement: Simple Ratios vs Frontier Methods*. West Heidelberg, Australia: Centre for Health Program Evaluation.
- Nações Unidas, O. (2010). *General Assembly resolution, 64/292 The human right to water and sanitation*.
- Pinto, F. S., & Marques, R. C. (2015). Tariff recommendations : A Panacea for the Portuguese water sector ? *Utilities Policy*, 34(2), 36–44.
- Pisani, E. (1995). The Management of Water as an Essential and Rare Commodity. *Water International*, 20(1), 29–31.
- Porcelli, F. (2009). Measurement of Technical Efficiency. A brief survey on parametric and non-parametric techniques. *Retrieved February*, (January), 1–27.
- Romano, G., & Guerrini, A. (2011). Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: A data envelopment analysis approach. *Utilities Policy*, 19(3), 202–209.
- Sarafidis, V. (2002). An Assessment of Comparative Efficiency Measurement Techniques. *Europe Economics*, 1–21.
- Spendolini, M. (1992). *The benchmarking book*. American Management Association, 6th Edition.
- Thanassoulis, E. (2000). DEA and its use in the regulation of water companies. *European Journal of Operational Research*, 127(1), 13.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software*. Kluwer Academic Publishers.
- Vincent, A. (1968). La mesure de productivité. *Revue Économique*, 20(3), 546–548.
- Wu, T.-H., Chen, M.-S., & Yeh, J.-Y. (2010). Measuring the performance of police forces in Taiwan using data envelopment analysis. *Evaluation and Program Planning*, 33(3), 246–254.

ANEXOS

Anexo I – Estudos ao setor da água com recurso à metodologia DEA

Estudo	Metodologia	Objeto	Objetivo do estudo	Resultados
Bretteny e Sharp (2016)	DEA	88 SAA da África do Sul	Desempenho dos SAA para intervenção governamental	Níveis de eficiência técnica adequados
Guerrini <i>et al.</i> (2015)	DEA	101 SAASAR da Dinamarca	Influência do ambiente operacional no desempenho dos SAASAR	Eficiência não afetada por variáveis exógenas
Guerrini <i>et al.</i> (2015)	<i>two-stage</i> DEA	62 SAR da Dinamarca	Presença de economias de escala, gama e de densidade nos SAR	SAR caracterizados por economias de gama e de densidade
Kamarudin <i>et al.</i> (2015)	<i>two-stage</i> DEA	14 SAA da Malásia	Aplicação de um modelo <i>two-stage</i> no desempenho dos SAA	Entidades com desempenho eficiente em apenas uma das fases
Molinos-Senante <i>et al.</i> (2015)	DEA	18 SAASAR do Chile	Influência do ambiente operacional no desempenho dos SAASAR	Variáveis externas com efeitos positivos no desempenho dos SAASAR
Le Lannier e Porcher (2014)	DEA, SFA	177 SAA de França	Efeito dos modelos de gestão no desempenho dos SAA	Entidades públicas mais eficientes
Molinos-Senante <i>et al.</i> (2014)	DEA	22 SAA de Inglaterra e País de Gales	Relação entre a produtividade do sector e a regulação	Diminuição da produtividade relacionada com a introdução de novos preços no setor em 2005
González-Gómez <i>et al.</i> (2013)	DEA	80 SAA da Andaluzia, Espanha	Relação entre os modelos de gestão e a influência do ambiente operacional no desempenho dos SAA	Sem diferenças significativas quando ambiente operacional é tido em consideração
Da Cruz <i>et al.</i> (2012)	DEA	88 SAASAR de Itália e Portugal	Impacto dos modelos de gestão no desempenho dos SAASAR	Níveis elevados de ineficiência; entidades públicas mais eficientes
Marques, Berg e Yane (2011)	DEA	1144 SAA do Japão	Impacto de um conjunto de variáveis no desempenho dos SAA	Eficiência reduzida
Romano e Guerrini (2011)	DEA	43 SAASAR de Itália	Impacto dos modelos de gestão, localização geográfica e população servida no desempenho dos SAASAR	Entidades públicas mais eficientes; entidades no centro e sul de Itália com níveis de eficiência elevados; entidades que servem populações pequenas mais eficientes
De Witte e Saal (2010)	DEA	SAASAR da Holanda	Regulação dos SAASAR	Regulação com resultados positivos

Marques e Monteiro (2005)	DEA	70 SAA de Portugal	Desempenho SAASAR	dos	Potenciais elevados de ganhos de eficiência
Marques e Monteiro (2004)	DEA	56 SAASAR de Portugal	Desempenho SAASAR	dos	Potenciais elevados de ganhos de eficiência
Liang (2003)	DEA	SAASAR de Inglaterra e País de Gales antes da privatização	Desempenho SAASAR	dos	Ineficiência média significativa
Marques e Monteiro (2003)	DEA	45 SAASAR de Portugal	Desempenho SAASAR	dos	Entidades privadas mais produtivas
Anwandter e Ozuna (2002)	DEA	110 SAASAR do México	Estrutura de mercado		Municipalização e regulação não produziram resultados positivos
Ancarani (2000)	DEA	154 SAASAR da Sicília (Itália)	Estrutura de mercado e efeito da propriedade		Presença de economias de escala e de gama
Ancarani <i>et al.</i> (2000)	DEA	37 SAA de Itália	Desempenho dos SAA		Eficiência reduzida compensada por eficácia e qualidade elevada

Anexo II – Resultados por região do SAA segundo orientações *input* e *output*

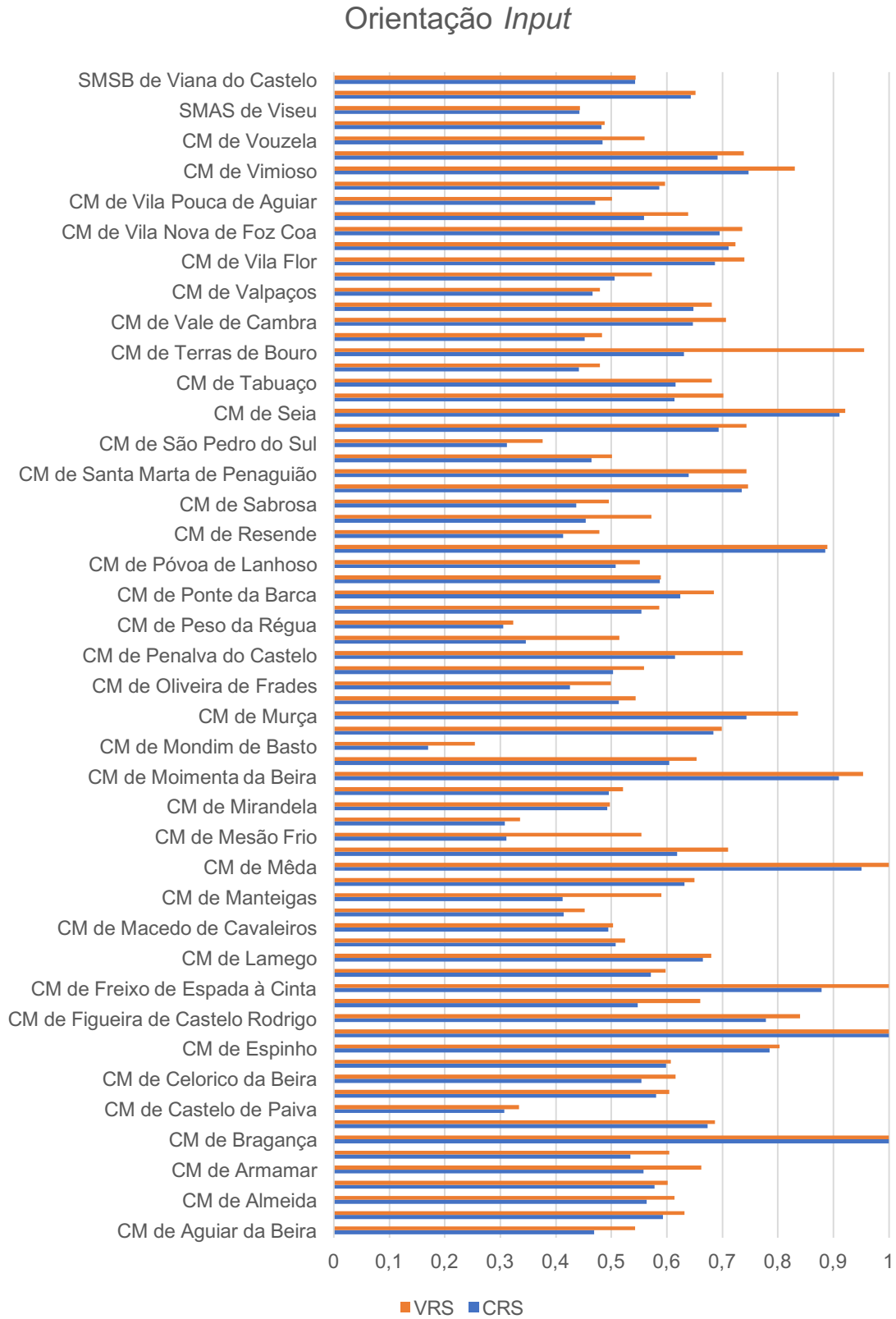


Figura 20. ET da região norte segundo uma orientação *input*

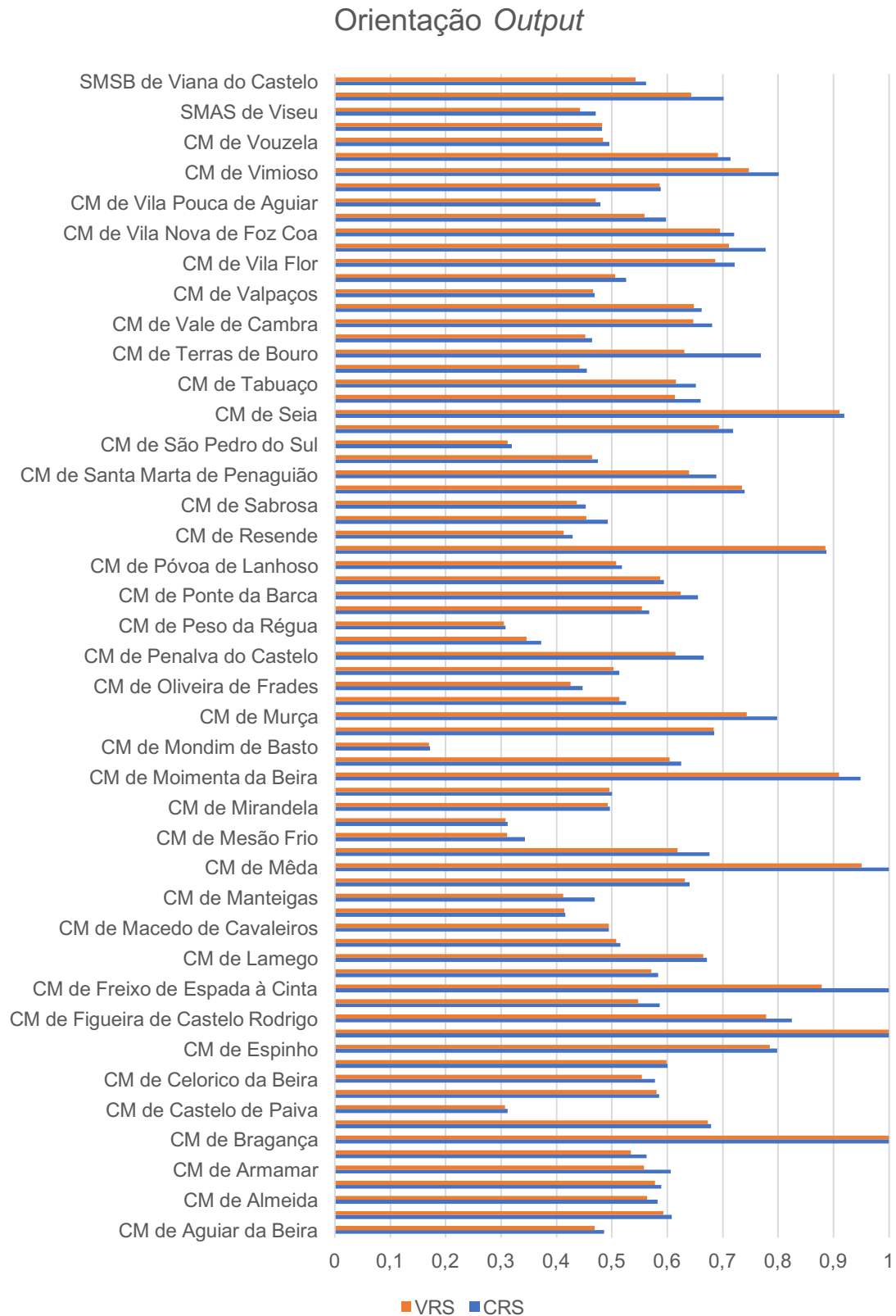


Figura 21. ET da região norte segundo uma orientação *output*

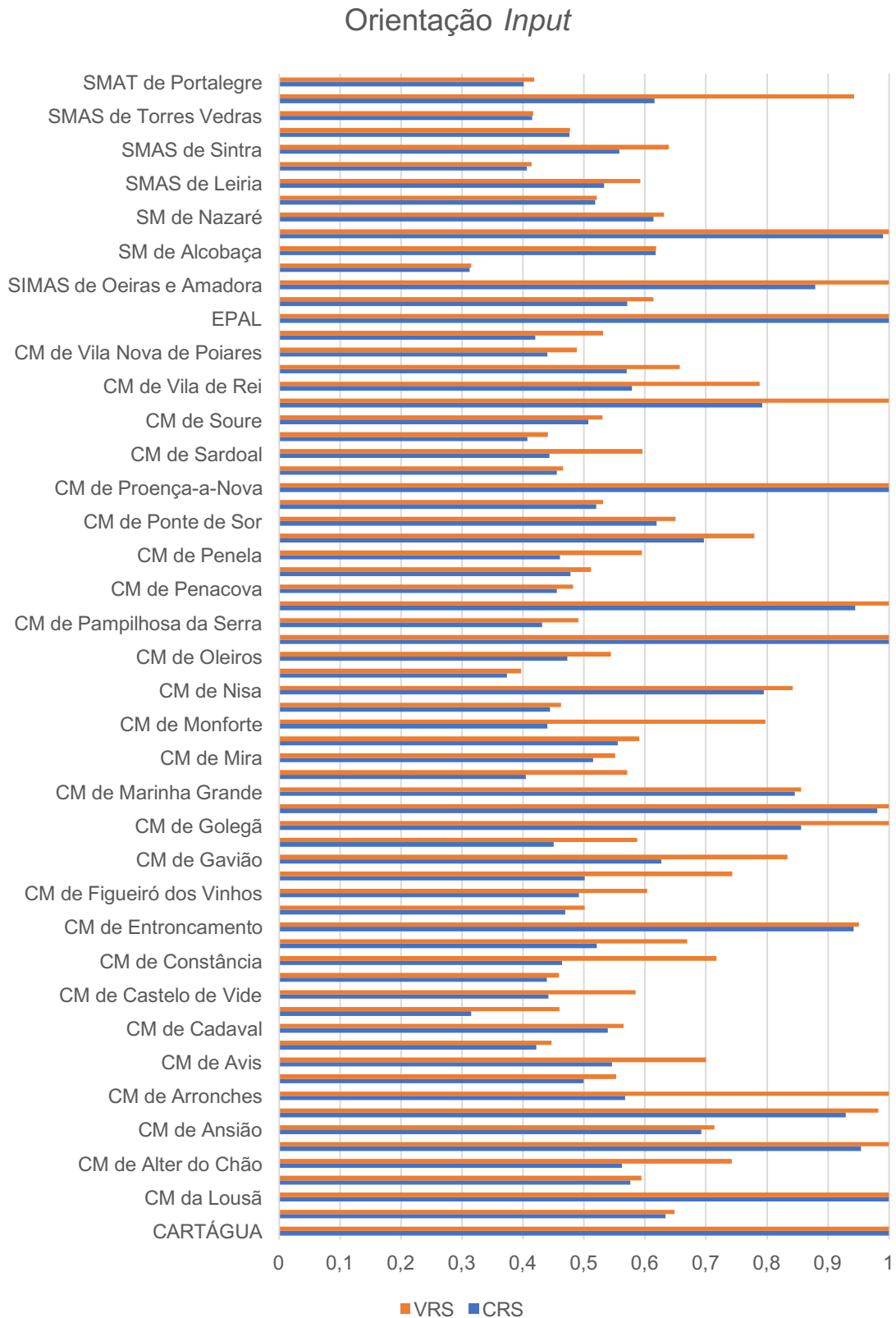


Figura 22. ET da região centro segundo uma orientação *input*

Orientação *Output*

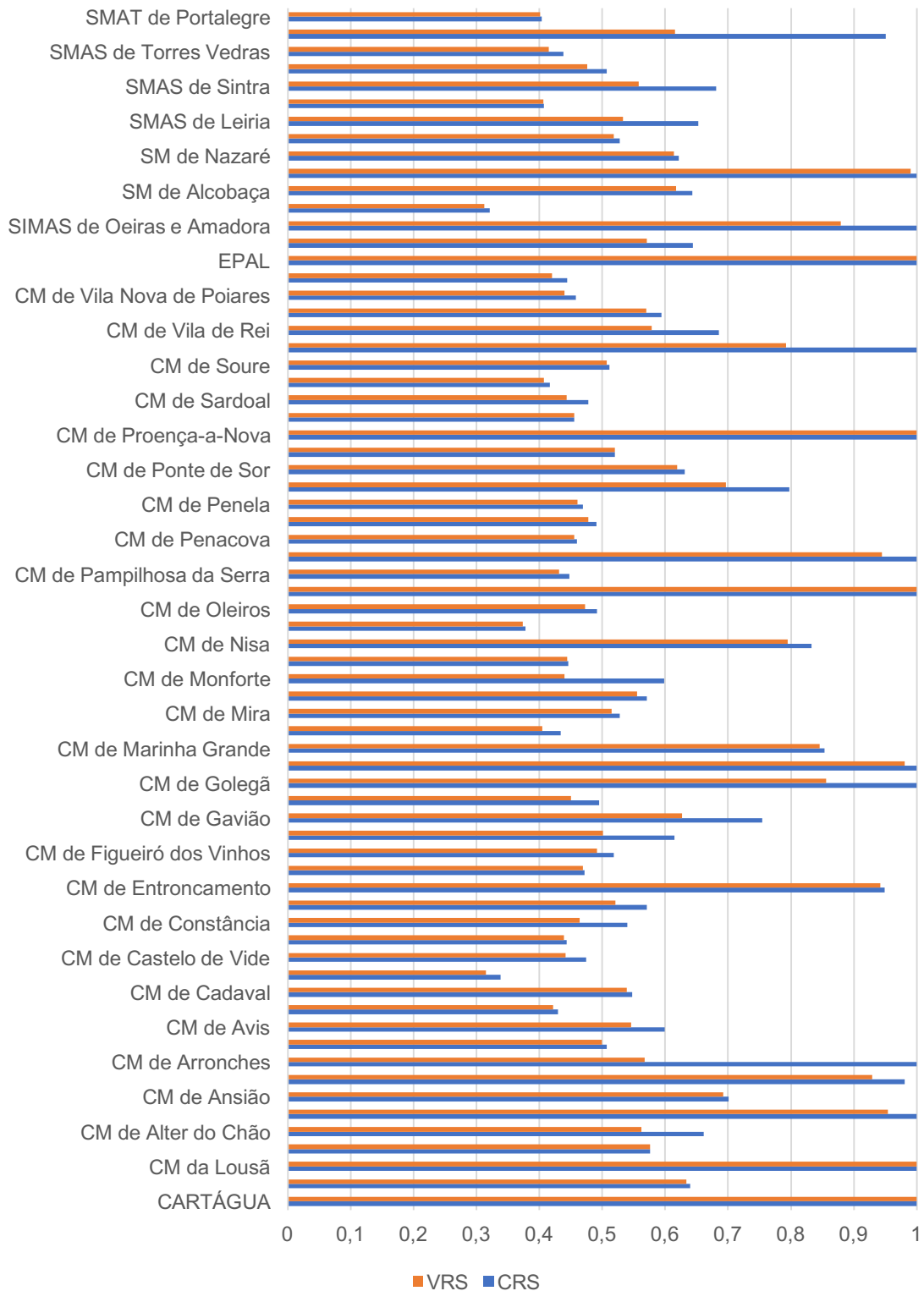


Figura 23. ET da região centro segundo uma orientação *output*

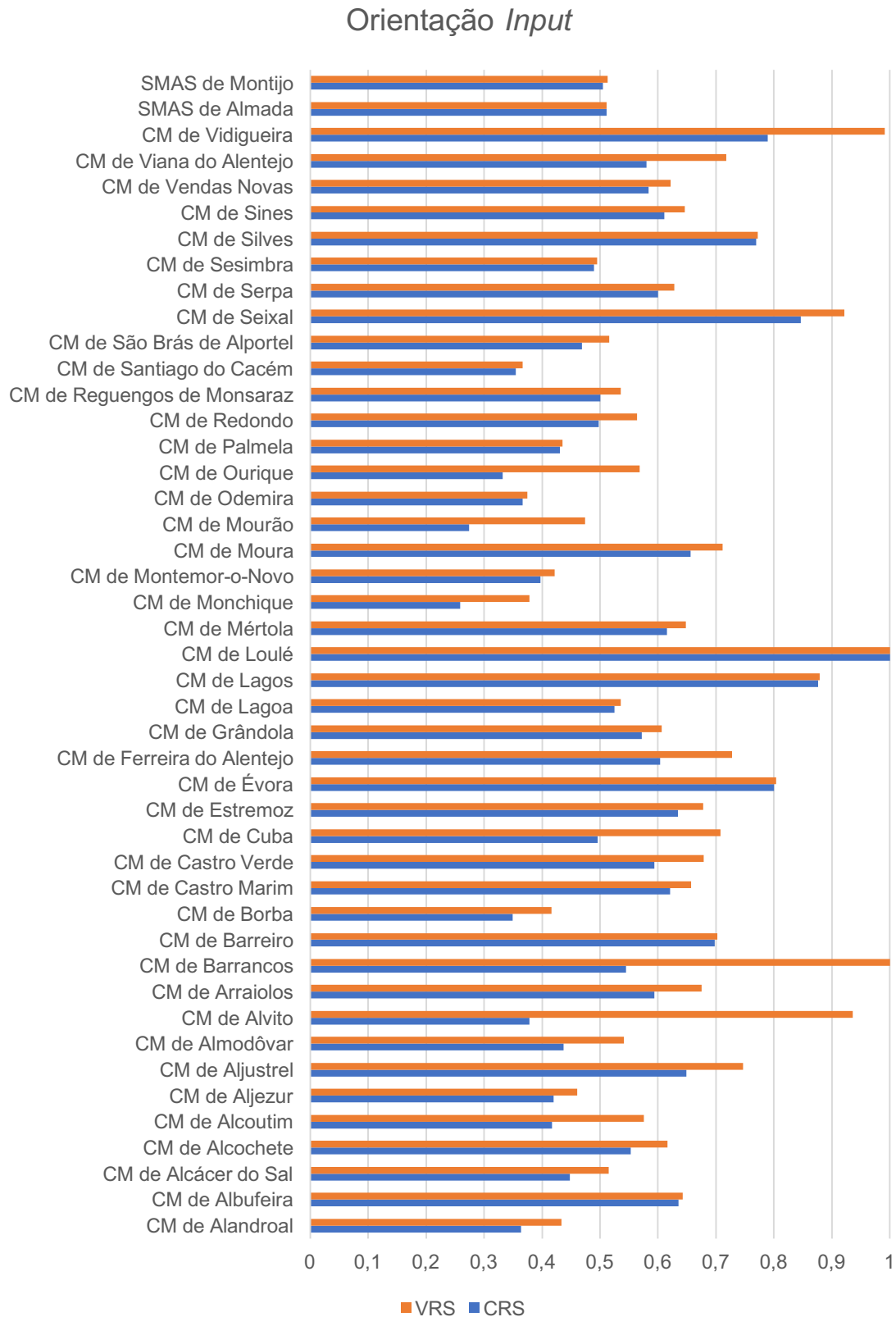


Figura 24. ET da região sul segundo uma orientação *input*

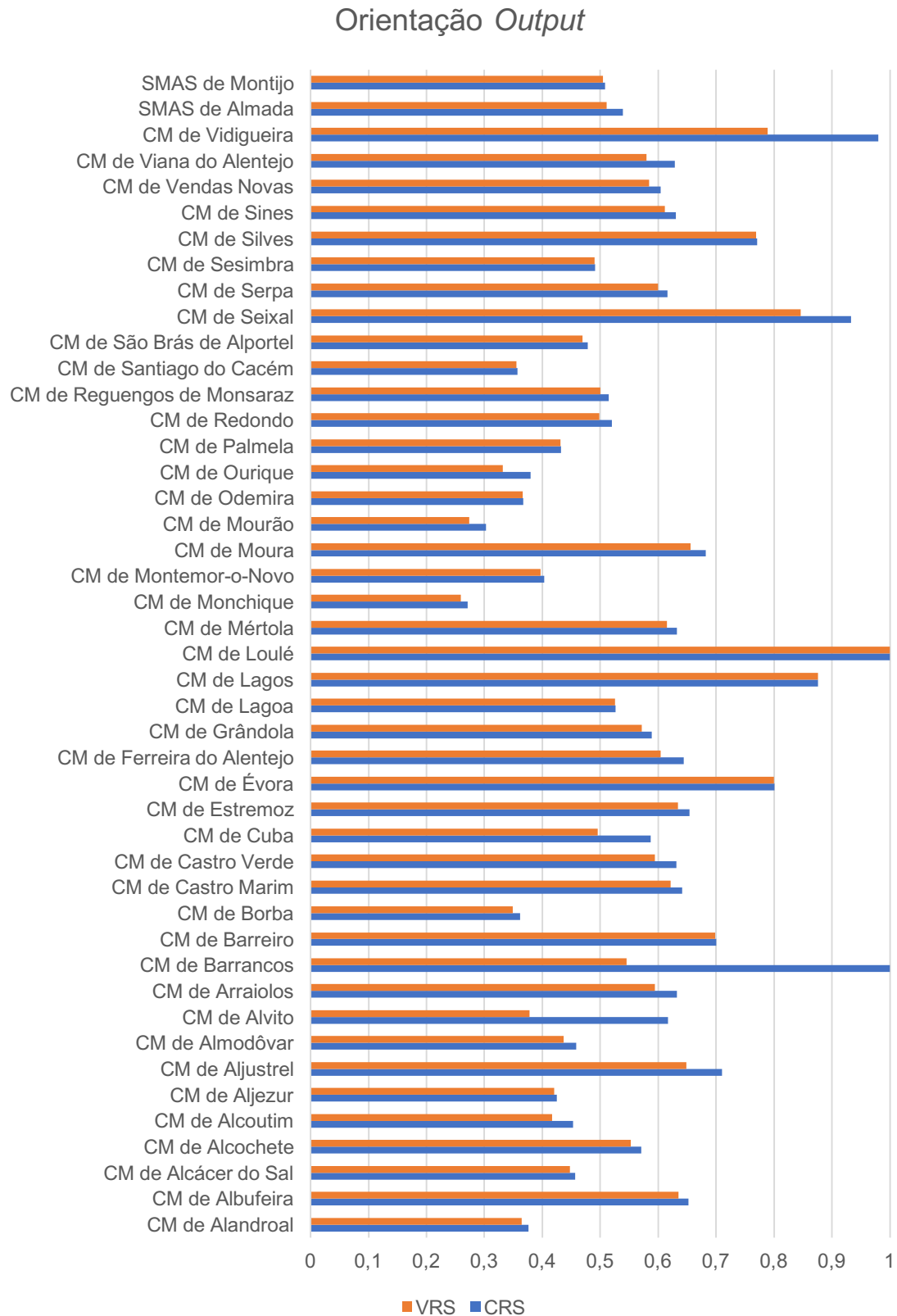


Figura 25. ET da região sul segundo uma orientação *output*

Anexo II – Resultados por região do SAR segundo orientações *input* e *output*

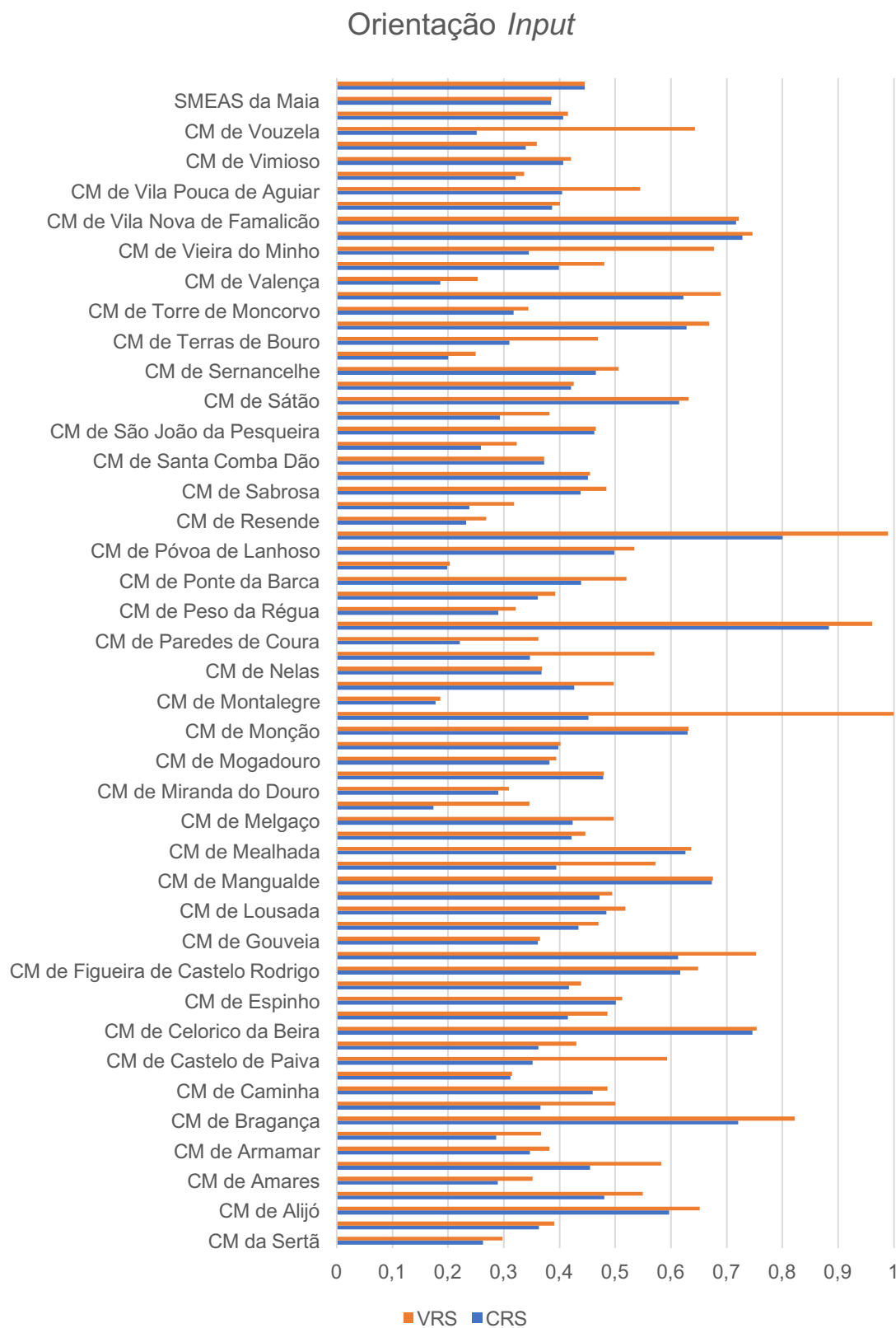


Figura 26. ET da região norte segundo uma orientação *input*

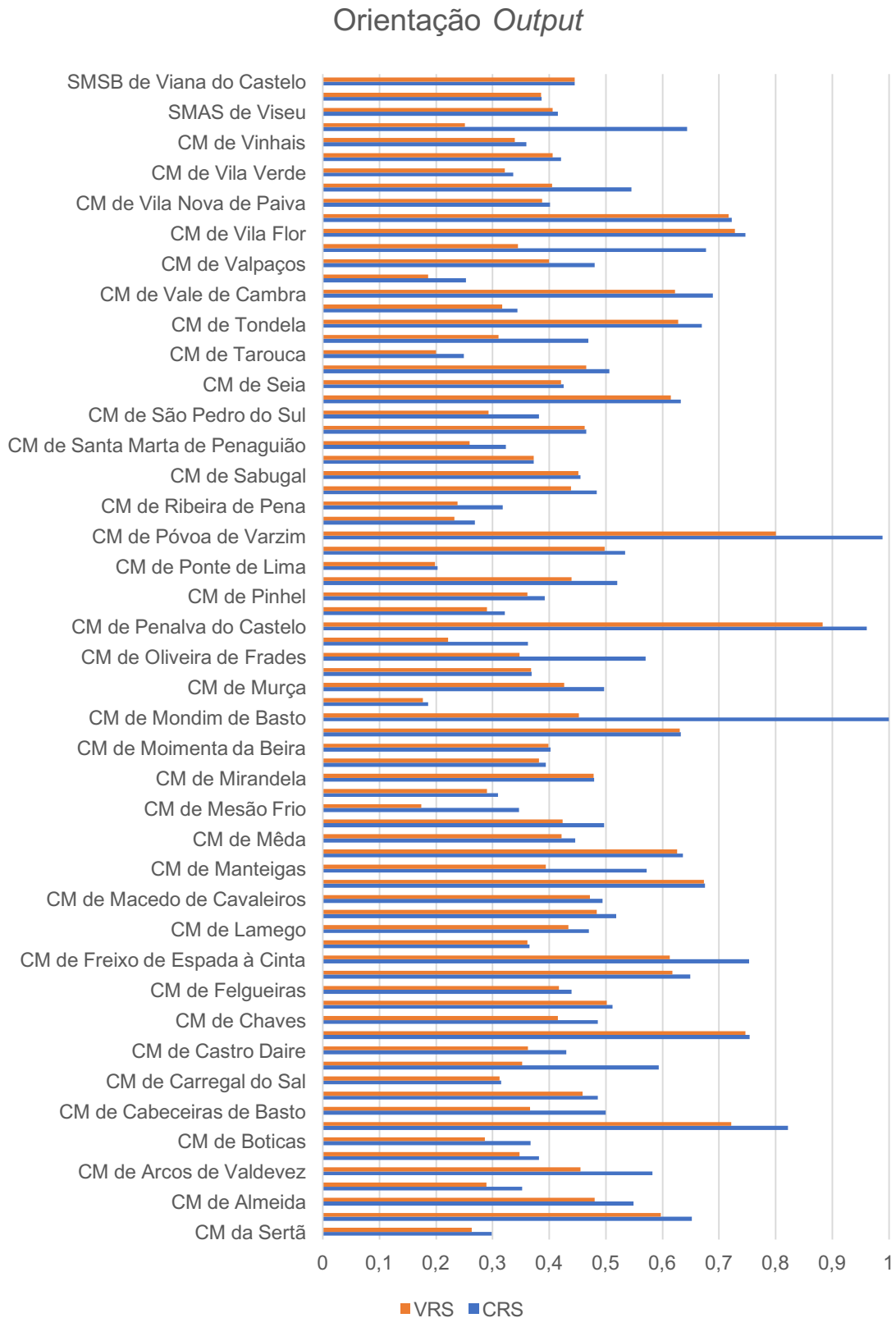


Figura 27. ET da região norte segundo uma orientação *output*

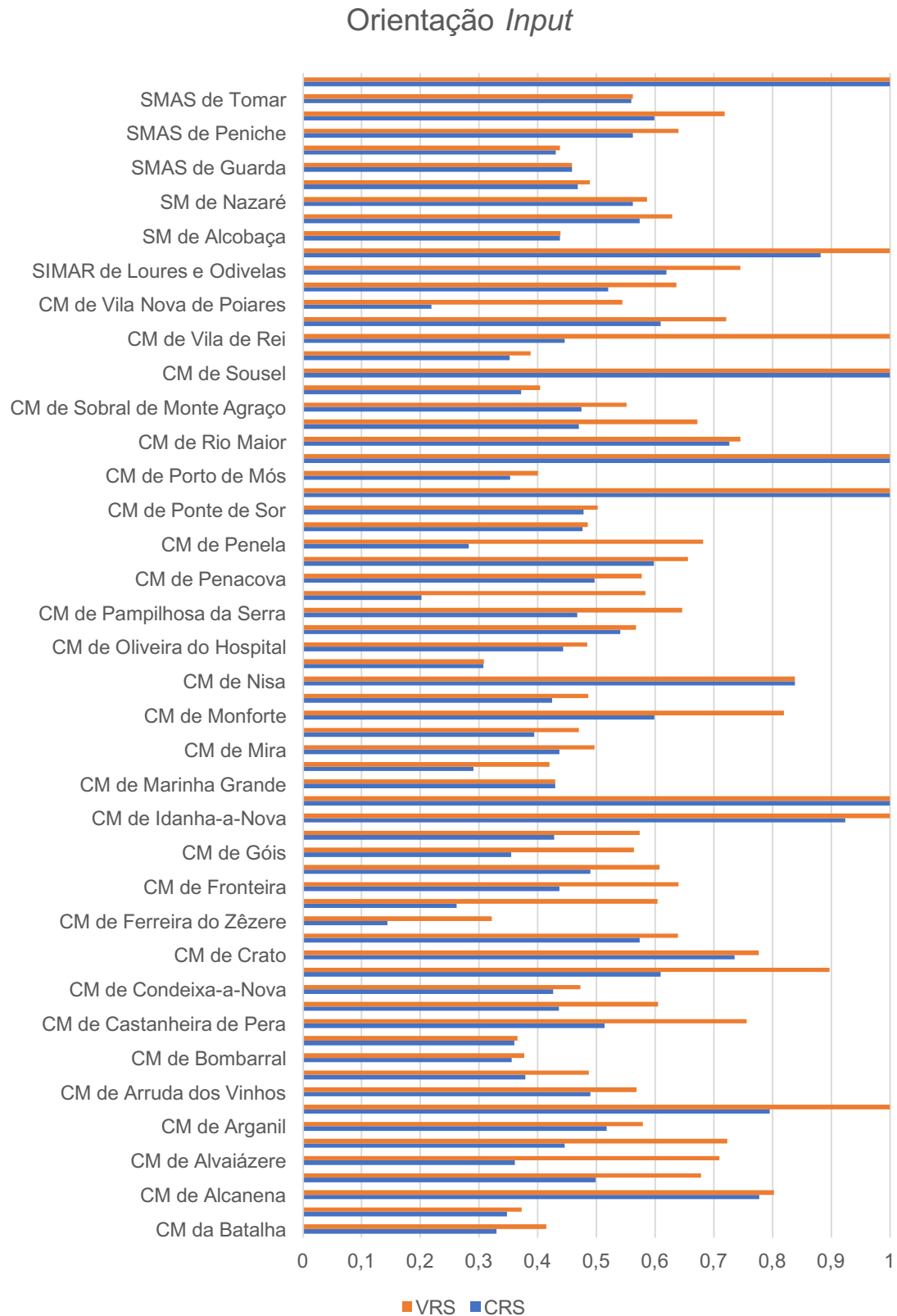


Figura 28. ET da região centro segundo uma orientação *input*

Orientação *Output*

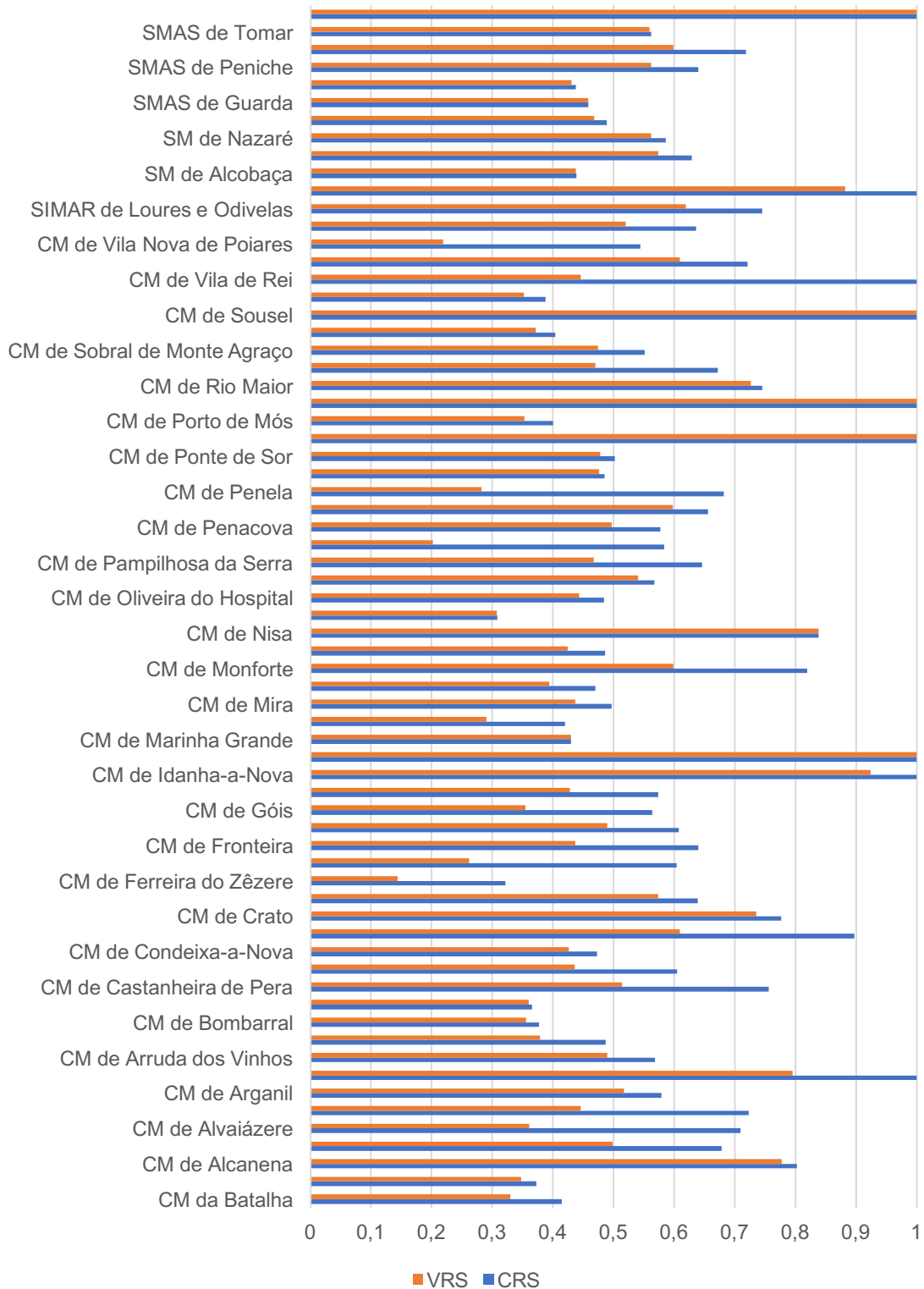


Figura 29. ET da região centro segundo uma orientação *output*

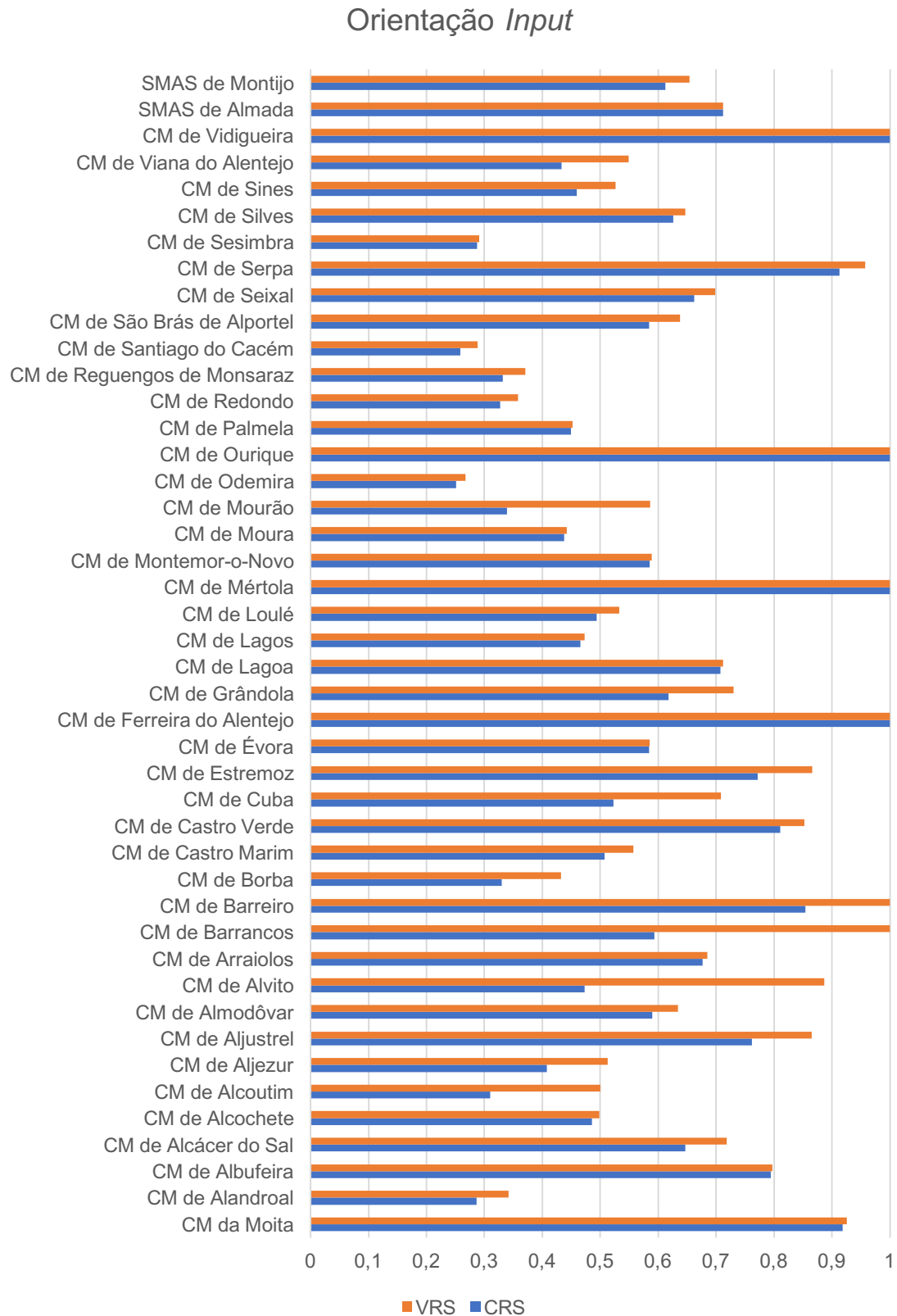


Figura 30. ET da região sul segundo uma orientação *input*

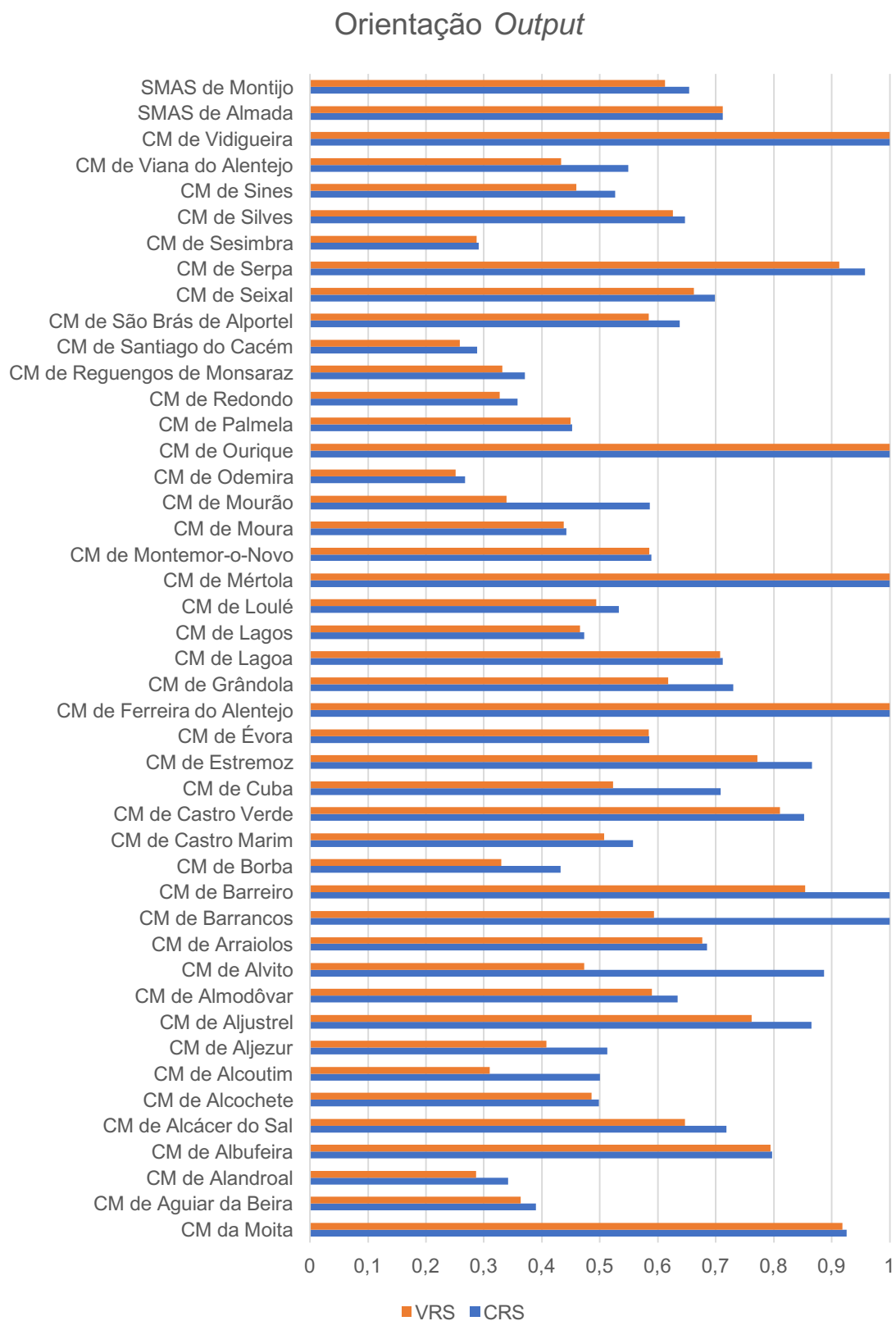


Figura 31. ET da região sul segundo uma orientação *output*