

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE ECONOMIA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ENTIDADES
GESTORAS DOS SERVIÇOS DE RESÍDUOS URBANOS
EM PORTUGAL**

Filipe Miguel Queirós André

Dissertação

Mestrado em Gestão Empresarial

Trabalho efetuado sob a orientação do Professor Doutor Sérgio Pereira dos Santos e da
Professora Doutora Carla Alexandra E. F. Amado

2015

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE ECONOMIA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ENTIDADES
GESTORAS DOS SERVIÇOS DE RESÍDUOS URBANOS
EM PORTUGAL**

Filipe Miguel Queirós André

Dissertação

Mestrado em Gestão Empresarial

Trabalho efetuado sob a orientação do Professor Doutor Sérgio Pereira dos Santos e da
Professora Doutora Carla Alexandra E. F. Amado

2015

Declaração de Autoria e Copyright

Avaliação do desempenho das entidades gestoras dos serviços de resíduos urbanos em Portugal

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

Filipe Miguel Queirós André



Direitos de cópia ou Copyright

©Copyright (Filipe Miguel Queirós André)

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

Dedico este trabalho à minha esposa Nélia e a toda a
minha família por todo o apoio demonstrado

Agradeço ao Professor Doutor Sérgio Pereira dos Santos
e à Professora Doutora Carla Alexandra E. F. Amado
pela orientação de toda a dissertação

RESUMO

O serviço de gestão de resíduos urbanos no setor do retalho, designado por sistema em baixa, reveste-se de particular importância, uma vez que se trata de um serviço público essencial, que acarreta custos elevados para os utilizadores e que, desta forma, deverá ser prestado num contexto de eficiência. A avaliação do desempenho das entidades gestoras destes serviços é pois crucial.

O objetivo deste estudo consiste em realizar uma análise de *benchmarking* às entidades gestoras do fornecimento de serviços de resíduos urbanos em baixa. Para tal foi utilizada uma técnica não paramétrica designada de Data Envelopment Analysis (DEA), com a qual se procedeu à determinação da eficiência relativa de cada entidade gestora, no que diz respeito aos *inputs* consumidos e *outputs* gerados.

A técnica de DEA apresenta inúmeras vantagens face a outras metodologias, nomeadamente por não necessitar da definição de uma função de produção, por poder utilizar múltiplos *inputs* e *outputs*, e por determinar uma fronteira de produção constituída pelos operadores mais eficientes, identificando os operadores ineficientes, e inclusivamente as origens dessa ineficiência.

Os resultados obtidos com o estudo permitem evidenciar diferenças estatisticamente significativas entre a eficiência média das entidades gestoras a operar em meio urbano, comparativamente com as entidades inseridas no meio rural.

A análise empírica evidenciou ainda que o meio urbano é dominado por entidades a operar em rendimentos decrescentes à escala, ao passo que no meio rural dominam as entidades gestoras a operar em rendimentos crescentes à escala.

Os resultados obtidos da análise realizada permitem ainda aferir que, independentemente da natureza do meio, as entidades gestoras que recorrem ao *outsourcing* apresentam valores mais elevados de eficiência, apesar dessa diferença não ser estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Análise DEA, Gestão de Resíduos Urbanos, *Benchmarking*, Eficiência Técnica, Eficiência de Escala

ABSTRACT

The municipal waste management service is of particular importance, since it is an essential public service which represents high costs for users and thus should be efficiently provided. The assessment of the efficiency of the managing entities of these services is therefore extremely important.

The aim of this study is to conduct a benchmarking analysis of the entities managing solid waste collection in the retail sector in Portugal, using a non-parametric technique, known as Data Envelopment Analysis (DEA). This technique is able to determine the relative efficiency of each management entity, based on the inputs consumed and outputs generated.

The DEA technique has many advantages over other methods. In particular, it does not require the definition of a production function, it can handle multiple inputs and outputs, and it can determine a production frontier based on the most efficient operators. It can also identify the inefficient operators, and even the sources of this inefficiency.

The results obtained from our analysis show that there are significant differences between the average efficiency of the management companies operating in urban areas, compared with the entities operating in rural territories.

The empirical analysis also shows that the urban municipalities are dominated by entities operating at decreasing returns to scale, whereas in rural municipalities prevail the companies operating at increasing returns to scale.

The results of our analysis also allow us to conclude that the outsourcing of the solid waste management services does not lead to significant efficiency gains.

Keywords: DEA Analysis, Urban Waste Management, Benchmarking, Technical Efficiency, Scale Efficiency

ÍNDICE GERAL

I. ÍNDICE DE FIGURAS	vi
II. ÍNDICE DE TABELAS	vii
Capítulo 1. INTRODUÇÃO	1
Capítulo 2. REVISÃO DA LITERATURA	5
Capítulo 3. A METODOLOGIA DEA.....	19
3.1. Conceitos gerais	19
3.2. Os modelos CCR e BCC	24
Capítulo 4. APLICAÇÃO DO DEA ÀS ENTIDADES GESTORAS	29
4.1 Análise da eficiência das entidades gestoras que operam em meios maioritariamente urbanos.....	36
4.2 Análise da eficiência das entidades gestoras que operam em meios maioritariamente rurais.	46
Capítulo 5. CONCLUSÕES	54
Capítulo 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
APÊNDICES	61

I. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1- Representação da fronteira da eficiência e linha de regressão	20
Figura 3.2- Representação da localização relativa das DMUs	23
Figura 3.3- Representação geométrica do modelo CCR	25
Figura 3.4- Representação geométrica do modelo BCC.....	27
Figura 3.5- Representação do nível ótimo de produção	28
Figura 4.1- Representação esquemática do modelo adotado	31
Figura 4.2- Eficiência técnica relativa das entidades gestoras do Grupo 1	37
Figura 4.3- Eficiência técnica pura para as entidades gestoras do Grupo 1	38
Figura 4.4- Eficiência técnica (CRS) e ganhos de escala (GE) por DMU, referente ao Grupo 1	40
Figura 4.5- Eficiência técnica relativa das entidades gestoras do Grupo 2	47
Figura 4.6- Eficiência técnica pura para entidades gestoras do Grupo 2	48
Figura 4.7-Eficiência técnica (CRS) e ganhos de escala (GE) por DMU referente ao Grupo 2	49

II. ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1- Modelos de gestão usados em sistemas multimunicipais, de titularidade estatal	2
Tabela 1.2- Modelos de gestão usados em sistemas municipais ou intermunicipais	2
Tabela 1.3- Sistemas de gestão de resíduos em baixa	3
Tabela 2.1- Estudos sobre a aplicação da metodologia DEA na gestão de resíduos urbanos	15
Tabela 4.1- Valores estatísticos correspondentes a cada <i>input</i> e <i>output</i>	33
Tabela 4.2- Valores de eficiência determinados em cada um dos grupos, nos dois modelos aplicados	34
Tabela 4.3- Valores de eficiência determinados	34
Tabela 4.4- Valores estatísticos das variáveis do modelo de DEA do Grupo 1	36
Tabela 4.5- Valores de eficiência para as DMUs do Grupo 1	36
Tabela 4.6- Escala de produção das entidades do Grupo 1	42
Tabela 4.7- Valores comparativos de eficiência para os serviços executados com meios próprios e em <i>outsourcing</i> , referente ao Grupo 1	44
Tabela 4.8- Teste de Mann-Whitney U para os valores de eficiência dos serviços executados com meios próprios e em regime de <i>outsourcing</i> , para o Grupo 1	45
Tabela 4.9- Valores estatísticos para as variáveis do modelo de DEA do Grupo 2	46
Tabela 4.10- Valores de eficiência para as DMUs do Grupo 2	46
Tabela 4.11- Escala de produção das entidades do Grupo 2	51
Tabela 4.12- Valores comparativos de eficiência para os serviços executados com meios próprios e em <i>outsourcing</i> , referente ao Grupo 2	53
Tabela 4.13- Teste de Mann-Whitney U para os valores de eficiência dos serviços executados com meios próprios e em regime de <i>outsourcing</i> , para o Grupo 2	53
Tabela A1- Resultados dos modelos CRS e VRS aplicados às entidades gestoras inseridas em meios maioritariamente urbanos (Grupo 1)	62
Tabela A2 – Resultados dos modelos CRS e VRS aplicados às entidades gestoras inseridas em meios maioritariamente rurais (Grupo 2)	63

Capítulo 1. INTRODUÇÃO

O serviço de gestão de resíduos urbanos prestado no setor do retalho, designado por sistema em baixa, reveste-se de particular importância, uma vez que se trata de um serviço público essencial que acarreta custos elevados para os utilizadores. A avaliação de desempenho das entidades gestoras destes serviços é pois crucial uma vez que, quanto mais eficiente e eficaz, melhor será a qualidade do serviço prestado e menores serão os custos associados.

O modelo de gestão de resíduos urbanos praticado em Portugal compreende duas abordagens distintas, porém complementares. Num primeiro plano está contemplada a recolha dos resíduos praticada ao nível dos serviços municipais e que consiste fundamentalmente nas operações de recolha multimaterial, lavagem e manutenção de equipamento de deposição e no transporte dos resíduos para as unidades de tratamento ou para as estações de transferência. Esta etapa tem a designação de sistema em baixa ou retalhista.

Num segundo plano, designado por sistema em alta ou grossista, incluem-se as operações relacionadas com o tratamento dos resíduos. Nesta fase estão incluídas as operações relacionadas com as estações de transferência de resíduos e as unidades de tratamento, tais como incineradoras, centrais de compostagem, aterros sanitários, etc. As atividades desenvolvidas pelo setor grossista são realizadas ao nível supra municipal. Este serviço é prestado em regime de monopólio legal (Levy *et al*, 2002).

Os sistemas multimunicipais correspondem às entidades que servem vários municípios. Os sistemas municipais compreendem os restantes sistemas que operam de forma isolada ou agrupados em associações de municípios (sistemas intermunicipais). Os sistemas multimunicipais são geridos por empresas públicas controladas pela Empresa Geral do Fomento (EGF), uma *sub-holding* do grupo Águas de Portugal. O capital social das entidades gestoras está repartido entre a EGF e os municípios, embora o Estado detenha a maioria do capital. As tabelas 1.1 e 1.2, que se apresentam seguidamente, resumem os modelos de gestão praticados em Portugal, de titularidade estatal, intermunicipal e municipal.

Tabela 1.1- Modelos de gestão usados em sistemas multimunicipais, de titularidade estatal.

Modelos	Entidade Gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Estado (inexistente na atualidade)	Não aplicável
Delegação	Empresa Pública	Não aplicável
Concessão	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora, concessionária, podendo ocorrer participações minoritárias do sector privado

Fonte: ERSAR, 2013.

Tabela 1.2 - Modelos de gestão usados em sistemas municipais ou intermunicipais.

Modelos	Entidade Gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados	Não aplicável
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrado por vários municípios
Delegação	Empresa constituída em parceria com o Estado (sector empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Empresa do sector empresarial local sem participação do Estado	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
Concessão	Entidade concessionária municipal	Parceria público-privada (municípios e outras entidades privadas)

Fonte: ERSAR, 2013.

A gestão dos resíduos no setor retalhista é assegurada pelos municípios, sendo que cerca de um terço constituem sistemas de pequenas dimensões, servindo populações de dimensão inferior a 10 000 habitantes (ERSAR, 2013).

A gestão direta é realizada através dos serviços municipais, serviços municipalizados, empresas municipais, entidades intermunicipais, associações de municípios entre outros, como se pode observar na tabela 1.3 que se segue.

Tabela 1.3- Sistemas de gestão de resíduos em baixa.

Modelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (Km ²)	População abrangida (milhares de habitantes)	Densidade populacional (hab/km ²)
Associações de municípios/serviços intermunicipais	2	17	4775	224	47
Concessões municipais	1	5	2225	65	29
Empresas municipais ou intermunicipais	20	21	6756	1578	234
Serviços municipais	230	230	72051	7287	101
Serviços municipalizados	6	7	3002	660	220
Outros modelos de gestão	1	2	16	10	625
Total	260	282	88825	9824	111

Fonte: ERSAR, 2013.

Em Portugal, é manifesta a diversidade de modelos e entidades gestoras a operar no sistema de resíduos urbanos, atingindo de forma mais acentuada o setor retalhista. Este elevado número de entidades, a operar em escalas distintas e em diferentes estádios de desenvolvimento, revela uma elevada fragmentação do setor, o que condiciona a prestação dos serviços num contexto de eficiência (ERSAR, 2014).

Neste contexto, torna-se importante definir estratégias de desenvolvimento com vista à definição de um modelo de avaliação do desempenho que permita a adoção das melhores práticas, no contexto de eficiência, e a consequente redução do consumo de recursos.

Esta estratégia foi materializada no plano estratégico pelo denominado PERSU II 2007-2016 (Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos), cuja Entidade Reguladora para os Serviços das Águas e dos Resíduos (ERSAR), bem como a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) detêm a responsabilidade de coordenar entre si as medidas de execução.

A este respeito, as entidades gestoras reportam à ERSAR um conjunto de informação validada, referente à gestão dos respetivos serviços, entre a qual se incluem dados operacionais, financeiros e de qualidade do serviço prestado. Com base nesta informação, são criados indicadores que têm sido utilizados para efetuar uma caracterização do setor e uma avaliação baseada na comparação entre as diversas entidades gestoras.

O modelo de avaliação adotado pela ERSAR tem em conta a criação de 3 *clusters* entre as entidades gestoras com base no contexto regional (Região Norte, Centro e Lisboa e Vale do Tejo e por último, Alentejo e Algarve) e a natureza do meio em que se inserem (área predominantemente urbana, área medianamente urbana, área predominantemente rural). Posteriormente é efetuada uma ordenação do valor obtido por cada entidade, em cada um dos indicadores, servindo essa informação de comparação e avaliação das entidades gestoras.

Este modelo de avaliação revela algumas fragilidades na medida em que não determina a eficiência de cada um dos operadores, efetuando apenas uma comparação entre entidades, parcialmente em cada *cluster* e por cada indicador. Ao não identificar as entidades mais eficientes, não permite concretizar uma análise de *benchmarking* e a consequente otimização do consumo de recursos e a redução de custos.

Como os custos das entidades gestoras são suportados pela tarifa cobrada aos utilizadores (municípios), a otimização das operações revela-se fundamental para tornar o modelo de gestão mais sustentável no plano financeiro, social e ambiental.

O objetivo deste estudo consiste em efetuar uma análise de *benchmarking* às entidades gestoras do fornecimento de serviços de resíduos urbanos em baixa, utilizando, para o efeito, uma técnica não paramétrica designada de Data Envelopment Analysis (DEA).

No âmbito da aplicação desta técnica, será determinada a eficiência relativa de cada entidade gestora no que respeita aos *inputs* consumidos e *outputs* gerados.

Adicionalmente, tendo por base as unidades consideradas eficientes, ou seja, aquelas que constituem a denominada fronteira de eficiência, serão apresentadas recomendações para a melhoria do desempenho das unidades ineficientes.

Por outro lado, será igualmente investigado se existe evidência de que o contexto onde as unidades operam tem influência no nível de eficiência e se o recurso ao *outsourcing* permite gerar ganhos de eficiência.

Procurando concretizar estes objetivos, a presente dissertação encontra-se organizada da seguinte forma: no capítulo 2 é efetuada uma revisão da literatura acerca da aplicação da metodologia DEA à gestão de resíduos, no qual são identificados os principais trabalhos publicados. Posteriormente, no capítulo 3, apresenta-se uma descrição acerca da metodologia em análise, no que respeita aos seus conceitos fundamentais, focando os vários pressupostos e orientações dos diferentes modelos. O capítulo 4 constitui a aplicação da metodologia DEA às entidades gestoras de resíduos em baixa, identificando-se as unidades eficientes e ineficientes bem como as possíveis causas dessas ineficiências. São também estudados aspetos acerca da influência da natureza do meio (urbano e rural) no desempenho das entidades e da operacionalização dos serviços com recurso ao *outsourcing*. Finalmente, no capítulo 5 serão apresentadas as principais conclusões da dissertação.

Capítulo 2. REVISÃO DA LITERATURA

A técnica DEA permite avaliar a eficiência relativa de unidades de decisão comparando várias unidades em termos dos *inputs* usados (recursos) e dos *outputs* atingidos (bens produzidos e serviços prestados). Nesta avaliação de eficiência podem ser usadas duas orientações: *output* ou *input*. Se for usada uma orientação *output*, uma unidade é classificada como eficiente se consegue maximizar a quantidade de *outputs* com base numa determinada quantidade de *inputs*. Se for usada uma orientação *input*, a unidade é classificada como eficiente se consegue minimizar a quantidade de *inputs* usados para produzir uma determinada quantidade de *outputs*. Pode ainda ser avaliada a eficiência relativa com base num modelo não orientado, o qual procura simultaneamente aumentar *outputs* e diminuir *inputs*.

O recurso à técnica DEA para determinação da eficiência tem sido concretizado nos mais diversos domínios, podendo-se constatar a sua aplicação para avaliação de desempenho em estabelecimentos de ensino (Carrasqueira *et al*, 2010), no setor da saúde (Ozcan, 2008), no setor de abastecimento de água (Thanassoulis, 2000), entre muitas outras referências.

A publicação de artigos relacionados com a avaliação de eficiência na gestão de resíduos urbanos apresenta, porém, ainda alguma escassez. Nomeadamente, uma revisão cuidada da literatura permite-nos identificar fundamentalmente estudos ao nível dos sistemas de gestão em alta e ao nível da eficiência de operadores de reciclagem. As referências aos sistemas de gestão em baixa encontradas são recentes, tendo sido desenvolvidas maioritariamente entre 2012 e 2014. Apenas uma é anterior a este período, mas ainda assim datada de 2010.

Um das referências identificadas é a de Gaiola e Bravo (2002), na qual os autores descrevem um estudo com o objetivo de avaliar a eficiência de 31 operadores de resíduos em alta em Portugal, recorrendo à análise DEA, com um modelo de orientação *input*. O estudo foi baseado na informação constante nos relatórios financeiros dos operadores no ano 2000. Como *inputs* do modelo foram utilizados custos financeiros e operacionais, custos com pessoal e o número de colaboradores. Em termos de *outputs*, os autores consideraram a produção de resíduos, a quantidade de resíduos recicláveis processados e a população residente.

Com a aplicação deste modelo, os autores concluíram que a técnica DEA permite avaliar a eficiência das unidades estudadas e apurar os níveis de ineficiência das unidades com piores desempenhos. O estudo permitiu concluir também que a densidade populacional é um fator que influencia negativamente a eficiência. Uma outra conclusão do estudo é a de que a variável recolha seletiva não produz impactes relevantes ao nível da eficiência, para a grande maioria dos sistemas.

Posteriormente, Marques e Simões (2009) efetuaram uma análise a 29 entidades gestoras de tratamento de resíduos, na qual se procurou englobar a totalidade da população portuguesa, utilizando para efeitos do estudo a metodologia DEA de ordem-*m* a qual avalia sucessivamente cada unidade por comparação com diferentes subamostras.

O modelo seguiu uma orientação de minimização de *inputs*, baseado no facto das entidades gestoras terem tendencialmente de servir a totalidade da população, minimizando o consumo de recursos.

O modelo usado compreendeu dois *inputs* e dois *outputs*. No que respeita aos *inputs*, considerou-se por um lado os valores referentes a amortizações, provisões e juros e designou-se esta variável por CAPEX. Para o outro *input* foram considerados custos com mercadorias vendidas e matérias-primas consumidas (CMVMC), fornecimentos e serviços externos, custos com pessoal, entre outros, e designou-se esta variável por OPEX. No domínio dos *outputs* produzidos considerou-se os resíduos tratados, incluindo os resíduos industriais banais (RIB) e os resíduos reciclados.

O modelo testou ainda três fatores explanatórios da eficiência, como a densidade populacional da área de influência de cada operador, o produto interno bruto (PIB) *per capita* a nível regional e a distância média das instalações de tratamento (aterros sanitários, centrais de incineração e compostagem). A informação financeira, referente ao ano de 2005, foi fornecida pelos próprios operadores e pelo Instituto Regulador das Águas e dos Resíduos (IRAR). Foram calculados vários modelos admitindo rendimentos constantes à escala (RCE) e rendimentos variáveis à escala (RVE).

Como principais conclusões foi estimado que os operadores ineficientes poderiam, em média, reduzir em 42,5% o consumo de *inputs*, produzindo a mesma quantidade de *outputs*, e que, por outro lado, se as entidades operassem na escala ótima, consumiriam menos cerca de 15,1% dos *inputs*. Um outro aspeto a salientar é que dos 29 operadores analisados, 15 operadores apresentaram rendimentos crescentes à escala, 12 apresentaram rendimentos decrescentes à escala e 2 apresentaram rendimentos constantes à escala. A escala ótima de produção, para estas entidades gestoras, situa-se nos 300 000 habitantes.

Mais tarde, Marques, Cruz e Carvalho (2012) aplicaram a metodologia DEA para avaliar a eficiência dos 33 operadores de reciclagem em Portugal, tendo como base o período entre 2006 e 2010, usando para o efeito modelos orientados e não orientados.

Segundo os autores, este poderá ter sido o primeiro estudo realizado acerca da eficiência de operadores de reciclagem usando métodos não paramétricos com informação completa e fidedigna, pelo que atribuem ao estudo grande relevância para a literatura. A informação para o modelo foi recolhida dos relatórios financeiros das entidades estudadas.

Neste estudo foram considerados dois modelos (modelo 1 e modelo 2). Em ambos os modelos, os *inputs* selecionados reportaram os custos operacionais e os custos de capital. Os *outputs* do modelo 1, expressos em toneladas, incluem as quantidades de resíduos recicláveis recolhidos, designadamente vidro, papel e plástico. No modelo 2, os *outputs*, expressos em euros, são referentes aos valores das receitas das vendas e os montantes transferidos da Sociedade Ponto Verde (SPV). Em termos de orientação dos modelos, os autores consideraram modelos orientados para a minimização dos *inputs*, maximização dos *outputs* e modelos não-orientados.

Os autores concluíram que, para os modelos orientados, existem elevados níveis de ineficiências, independentemente da sua orientação. O modelo 2 apresenta contudo maiores níveis de ineficiências, quando comparado com o modelo 1. O nível de escala ótima encontra-se entre as 2 000 e 8 000 toneladas para o vidro e papel e entre as 500 e 1 000 toneladas para o plástico. Em termos de vendas, o valor encontrado referente à escala ótima foi perto de 1 000 000€ de receitas e transferências da SPV. No que respeita aos modelos não orientados, estes autores concluíram que, para ambos os casos, as empresas deverão aumentar significativamente os *outputs*, de forma a se tornarem eficientes.

Os autores concluíram ainda que a influência de economias de escala não parece ser muito relevante para o mercado da reciclagem. Finalmente, a densidade populacional parece ter uma influência negativa na eficiência das entidades, embora os resultados dependam consideravelmente da localização das empresas.

Também nesse ano foi publicado um estudo por Marques, Simões e Cruz (2012 a), com vista a avaliar a eficiência da participação do setor privado na gestão de resíduos ao nível do setor do retalho (sistemas em baixa) e no setor grossista (sistemas em alta).

Foram analisados neste estudo 196 operadores de resíduos em baixa e 32 operadores de gestão em alta, no período compreendido entre 2001 e 2008. Em termos de *inputs*, foram considerados para o setor do retalho a quantidade de recursos humanos, o número de viaturas e o valor dos custos operacionais. Para o setor grossista os autores consideraram a quantidade de recursos humanos, os custos de capital e os custos operacionais. No que respeita aos *outputs* foi considerado a quantidade de resíduos recolhidos. Os modelos assumiram os pressupostos de rendimentos constantes à escala (CRS) e rendimentos variáveis à escala (VRS) para além disso, todos os modelos procuraram minimizar os *inputs*.

Como principais conclusões do estudo, e relativamente ao setor de gestão em baixa (retalho), estes autores apontam para uma eficiência média para o modelo VRS de 0,615, enquanto que para o modelo CRS o valor da eficiência média foi apenas de 0,487. Os municípios podem reduzir, assim, os seus *inputs* em aproximadamente 38,5% no modelo VRS, ou 51% considerando o modelo CRS, produzindo o mesmo nível de *outputs*. Os resultados apontam ainda para ineficiências devido a deseconomias de escala, sendo que os operadores podem poupar uma média de 19% de *inputs*, operando a uma escala ótima. A análise permitiu também concluir que a gestão privada apresenta uma eficiência superior comparativamente com os serviços municipais.

No caso do setor grossista, estes autores concluíram que no fim do 8.º ano de eficiência cumulativa o valor da eficiência baixa para 0,88, significando que neste setor a produtividade baixa ao fim de 8 anos, em cerca de 12%.

No mesmo ano, Marques, Carvalho e Simões (2012) procederam à avaliação da eficiência dos sistemas de recolha de resíduos ao mesmo tempo que procuraram determinar a influência das condicionantes externas ambientais. A análise incidiu em 196 municípios, os quais representavam cerca de 86% da população portuguesa. Como *inputs* os autores consideraram os custos de pessoal, equipamentos e custos operacionais, que designaram por OPEX. Relativamente aos *outputs*, foram considerados as quantidades de resíduos recolhidos. Foram usados 2 modelos: CRS e VRS.

Os resultados indicam valores significativos de ineficiência provocados por deseconomias de escala. Tendo por base os resultados do estudo, os autores concluíram que as entidades gestoras poderão assim poupar cerca de 17,4% dos recursos consumidos se operarem com uma escala ótima. Existem contudo fatores que, segundo os autores, poderão ser explicativos da ineficiência tais como a distância entre os contentores e a distância coberta por cada viatura de recolha. A amostra apresenta-se dominada por entidades a operar em rendimentos de escala crescentes e apenas 25% se apresentam a operar em rendimentos decrescentes à escala. Os resultados permitem aferir ainda que existem economias de escala na recolha de resíduos acima dos 50 000 habitantes. A influência das variáveis de ordem geográfica revelou-se inconclusiva neste trabalho.

Também Rogge e Jaeger (2012) avaliaram a eficiência da recolha municipal das várias frações de resíduos recolhidos de 8 municípios da região Belga de Flemish, tendo como referencial o ano de 2008. O estudo procurou efetuar uma avaliação da eficiência relativa de cada operação de recolha, por fração de resíduo.

O modelo, orientado para a minimização dos *inputs*, adotou como *inputs* os custos relacionados com a gestão de resíduos e como *outputs* a quantidade de resíduos de embalagem, resíduos verdes, monstros, indiferenciados, papel e cartão e outros resíduos recolhidos.

Estes autores observaram existir baixos níveis de eficiência (em média 47%) para a generalidade dos municípios analisados, existindo um grupo muito restrito que consegue eficiências medianas. Ao nível da eficiência por atividade, verifica-se que esta é maior nas atividades que representam custos mais elevados, como a recolha indiferenciada de resíduos. Estes autores consideraram contudo que existem fatores que poderão influenciar os diferentes níveis de eficiência, tais como o nível de vida, a densidade populacional e a população residente. A frequência de recolha de resíduos e a tipologia do tarifário praticado poderão influenciar igualmente a eficiência de cada operador.

Os autores consideraram ainda que a aplicação deste modelo de DEA apresenta, porém, algumas limitações devido ao facto da redução da produção de resíduos ou uma alteração na participação na reciclagem poderem contribuir para alterar significativamente os níveis de eficiência.

Um ano mais tarde, os mesmos autores, Rogge e Jaeger (2013), desenvolveram um estudo baseado num modelo de DEA modificado, com o objetivo de avaliar a eficiência da recolha municipal de várias frações de resíduos, em 293 municípios belgas. Como *inputs* foram considerados o custo de gestão de cada fileira de resíduos em cada município. Como *outputs*, foram considerados as várias frações de resíduos recolhidas designadamente resíduos verdes, embalagens, monstros (resíduos volumosos) e resíduos indiferenciados.

Estes autores puderam concluir que o método DEA modificado apresenta uma elevada adequação ao estudo da eficiência da recolha das várias fileiras de materiais, ajustando-se aos fatores ambientais e *outliers* que poderiam de outro modo influenciar os resultados.

Dois anos antes, já Huang, Pan e Kao (2011) tinham desenvolvido um modelo de DEA com o objetivo de permitir uma análise mais adequada da eficiência em locais onde as componentes externas poderiam ter uma influência grande nos resultados. Estes autores avaliaram a eficiência de 307 municípios de Taiwan, locais fortemente condicionados pela densidade populacional e pelas vias estreitas e de difícil acesso a viaturas, através da criação de indicadores integrados das várias variáveis, que seriam usados posteriormente no modelo de DEA como *inputs*. O *output* utilizado reportou os resíduos recolhidos. À semelhança de outros autores, o modelo seguiu a orientação *input*.

Os autores referem como conclusões principais que o método DEA aplicado pode ser utilizado para determinar a eficiência dos municípios na gestão dos resíduos de um modo bastante funcional, mas não fornece informação que permita estabelecer um *ranking* entre eles.

Posteriormente, Moreno, Benito e Solana (2014) desenvolveram uma investigação com recurso à técnica DEA, na qual pretendiam conhecer em que medida os fatores externos condicionam o desempenho das entidades gestoras de resíduos. O estudo teve por base as atividades municipais de recolha de resíduos e limpeza urbana, em municípios espanhóis. Os *inputs* usados corresponderam ao custo *per capita* da gestão de resíduos. Os *outputs* do modelo relacionaram-se com a quantidade anual de resíduos e o índice sobre sustentabilidade do serviço.

Os resultados do estudo sugerem a existência de uma relação significativa entre a eficiência de gestão e as diversas variáveis analisadas, das quais se destacam o rendimento *per capita*, a densidade populacional e o índice de importância turística de cada município. O estudo revela que a eficiência diminui quando o nível de vida e a densidade populacional aumenta, o que é explicado pelo facto de que quanto mais elevado o nível de vida, mais variada é a constituição dos resíduos e, conseqüentemente, mais complexa é a sua gestão. Para além disto, os autores identificaram ainda como fatores explicativos da eficiência o índice de importância turística local, a cor política e o facto da gestão ser pública ou privada. Os autores apontaram ainda que a metodologia usada poderá servir de base para outros estudos complementares, designadamente a avaliação dos efeitos da educação ambiental ou do desenvolvimento sustentável.

Chen (2010), com o objetivo de avaliar a eficiência integrada da gestão de resíduos, correspondente às fases de produção, triagem e recolha, aplicou também a metodologia DEA para avaliar a eficiência de gestão em 23 cidades de Taiwan. Foi efetuada uma comparação da performance de gestão em regiões urbanas e rurais, e foram identificados os fatores que afetam a eficiência. No modelo utilizado, de orientação *input*, as variáveis recursos humanos, viaturas de recolha e valor do orçamento anual foram usadas como *inputs* e a recolha de resíduos e a população servida foram usadas como *outputs*.

Tendo por base os resultados do estudo, o autor concluiu que enquanto a eficiência de produção e triagem dos resíduos depende de comportamentos ambientais da população, a eficiência de recolha está dependente da gestão praticada pelas autoridades locais.

As conclusões deste estudo revelaram também que a eficiência das operações de gestão de resíduos praticada nas regiões rurais apresenta desempenhos superiores comparativamente com a praticada nas regiões urbanas. O melhor desempenho encontrado nas zonas rurais deve-se, segundo o autor, à diferente utilização praticada dos recursos humanos e equipamentos de recolha. Segundo o autor, o facto das autoridades locais terem fortes restrições orçamentais, principalmente nas zonas rurais (com menor poder de compra), conduz a uma utilização mais eficiente dos equipamentos disponíveis. Um outro fator considerado relevante surge relacionado com os recursos humanos, designadamente o facto do salário mensal praticado ser idêntico em ambos os meios mas, sendo o custo de vida nos meios rurais inferior, o rendimento disponível torna-se desta forma mais elevado, o que origina uma maior satisfação por parte dos operadores, contribuindo para aumentos de desempenho.

Anos mais tarde, os autores Chang, Liu e Yeh (2013) desenvolveram um trabalho no qual procuraram avaliar o efeito da aprendizagem desde 2001, em 23 empresas de reciclagem de resíduos originárias de Taiwan. Numa primeira fase os autores usaram um modelo de regressão, tendo os resultados obtidos sido posteriormente usados como *inputs* no modelo de DEA. Em particular, os *inputs* usados corresponderam ao efeito aprendizagem, recursos humanos e equipamento. Os *outputs* corresponderam à quantidade de resíduos recicláveis e resíduos indiferenciados recolhidos. Os autores concluíram que o efeito aprendizagem *per capita* e a quantidade de resíduos recicláveis recolhidos são mais elevados em regiões urbanas comparativamente com as regiões rurais.

Por outro lado, um nível de poder de compra mais elevado das famílias e dos funcionários afetos à recolha dos resíduos favorece uma maior preocupação e conhecimento acerca da proteção do ambiente. Os autores consideram que a natureza do meio (urbano ou rural) e o rendimento disponível familiar são fatores que poderão afetar a eficiência.

A Tabela 2.1, que se apresenta seguidamente, procura sistematizar alguma da informação relativa aos diversos estudos realizados nesta área do conhecimento por recurso ao DEA bem como algumas das principais conclusões alcançadas.

Resumidamente, foram encontrados 11 artigos publicados entre 2002 e 2014 cuja investigação incide fundamentalmente na aplicação de DEA para determinação da eficiência praticada ao nível do sector grossista em Portugal e no sector retalhista em municípios da Bélgica, Espanha e Taiwan.

A eficiência do sistema em baixa, em Portugal, apenas é abordada em 2012 por Marques, Simões e Cruz, onde é realizada, uma análise acerca da influência da participação do setor privado no setor grossista e retalho e, também nesse ano, por Marques, Carvalho e Simões, onde é efetuada uma análise ao desempenho dos sistemas municipais e avaliadas as condições ambientais externas que poderão influenciar a eficiência. Como referido anteriormente, os *inputs* considerados reportam aos custos relacionados com custos operacionais e custos de capital ao passo que os *outputs* resumem-se à quantidade de resíduos recolhidos.

As principais conclusões apontam para valores elevados de ineficiência provocada sobretudo por deseconomias de escala. A maioria das entidades avaliadas encontrava-se a operar em rendimentos de escala crescentes e apenas 25% em rendimentos decrescentes à escala. Os resultados permitiram aferir também que existem economias de escala na recolha de resíduos acima dos 50.000 habitantes.

Tendo por base a revisão da literatura realizada, podemos portanto concluir que o estudo que nos propomos concretizar tem potencial para oferecer um importante contributo para o conhecimento. Em primeiro lugar, porque vai focar a sua análise no setor da recolha dos resíduos em baixa, que tal como foi discutido, tem sido pouco explorado na literatura da especialidade.

Em segundo lugar, porque vai reforçar a evidência empírica sobre a eficiência das entidades a operar neste sector em Portugal, utilizando modelos diferentes e dados mais recentes do que os usados em estudos prévios, Permitindo-nos obter uma imagem mais fidedigna da realidade atual. Em terceiro lugar, porque vai explorar o impacto do *outsourcing* na eficiência das entidades responsáveis pela gestão dos resíduos urbanos. Tanto quanto nos foi possível apurar, esta questão ainda não foi abordada em estudos anteriores nesta área.

Tabela 2.1 Estudos sobre a aplicação da metodologia DEA na gestão de resíduos urbanos

Autor	Objetivo do Estudo	Inputs	Outputs	Fatores Explanatórios	Principais Conclusões
Gaiola e Bravo (2002)	Avaliar a eficiência do sistema de tratamento de resíduos em Portugal, referente ao ano 2000	Custos financeiros e operacionais, custos com pessoal, número de colaboradores.	Quantidade de resíduos recolhidos, resíduos recicláveis processados e população residente.	Densidade populacional	A técnica DEA permitiu avaliar a eficiência e apurar os níveis de ineficiência das unidades com piores desempenhos. A recolha seletiva não produz impactes relevantes para a grande maioria dos sistemas. A baixa densidade populacional influencia negativamente a eficiência.
Marques e Simões (2009)	Avaliar a eficiência dos operadores de gestão de resíduos em alta referente a 2005	CAPEX- custos de capital (amortizações, provisões e juros) e OPEX- custos operacionais (CMVMC, FSE, pessoal, outros custos)	Quantidade de resíduos tratados, incluindo os RIB e resíduos recicláveis	Densidade populacional, PIB <i>per capita</i> regional, distância média às instalações de tratamento.	Cada operador pode reduzir em 42,5 % o consumo de <i>inputs</i> , produzindo a mesma quantidade de <i>outputs</i> . Na escala ótima, as DMUs consumiam menos 15,1% dos <i>inputs</i> ; De 29 operadores, 15 apresentam rendimentos crescentes à escala, 12 apresentam rendimentos decrescentes à escala e 2 rendimentos constantes à escala. A escala ótima de produção situa-se nos 300000 habitantes.
Chen, (2010)	Avaliar a eficiência da gestão de resíduos em Taiwan, dividida em 3 fases: produção, triagem e recolha	Recursos humanos, quantidade de viaturas de recolha, valor do orçamento anual	Resíduos recolhidos e população servida	Rendimento medio disponível familiar, utilização das viaturas de recolha	Foi efetuada uma comparação de desempenho entre as regiões urbanas e rurais bem como os fatores que afetam a sua eficiência. O desempenho encontrado para o meio urbano constitui-se superior ao meio rural.

Autor	Objetivo do Estudo	Inputs	Outputs	Fatores Explanatórios	Principais Conclusões
Huang, Pan e Kao (2011)	Avaliar a eficiência de 307 municípios de Taiwan através da criação de um indicador agregado de vários fatores	Custo por tonelada de resíduos recolhidos; Quantidade de resíduos recolhida por unidade de tempo; Quantidade de resíduos recolhidos por viatura e População servida por contentor	Quantidade de resíduos recolhidos	Densidade populacional e acessibilidade aos pontos de recolha	O método DEA utilizado, permite a obtenção de informação acerca do <i>ranking</i> de comparação entre DMUs e pelo facto de utilizar indicadores como <i>inputs</i> , fornece também uma informação mais funcional da eficiência de cada entidade gestora.
Marques Simões e Cruz (2012a)	Avaliar a eficiência da participação do sector privado na gestão de resíduos, ao nível do sector do retalho e do sector grossista	Sector Retalho: recursos humanos, nº viaturas e custos operacionais. Sector Grossista: recursos humanos, custos de capital e custos operacionais	Quantidade de resíduos recolhidos		A eficiência média para o modelo de escalas variáveis (VRS) foi de 0,615, enquanto para o modelo de escala constante (CRS) o valor da eficiência média foi de 0,487. Foram identificadas ineficiências de deseconomias de escala, sendo estimada uma poupança de 19% nos <i>inputs</i> caso as unidades operassem a uma escala ótima. A gestão privada apresenta eficiência superior comparativamente com os serviços municipais.
Marques Cruz e Carvalho (2012)	Avaliar a eficiência das 33 entidades de reciclagem em Portugal, no período entre 2006 e 2010	Modelo 1: Custos operacionais; Modelo 2: Custos de capital	Modelo 1: Quantidade recolhida de vidro, papel e plástico Modelo 2: valor de vendas à SPV	Densidade populacional	Foram encontrados altos níveis de ineficiências em ambos os modelos. A influência de economias de escala não parece ser muito relevante para o mercado da reciclagem.

Autor	Objetivo do Estudo	Inputs	Outputs	Fatores Explanatórios	Principais Conclusões
Marques, Carvalho e Simões (2012)	Avaliar a eficiência dos sistemas municipais de recolha de resíduos e determinar a influência das condicionantes ambientais externas	Custos operacionais, custos de pessoal e custos de equipamentos	Quantidade de resíduos recolhida	Distância entre os contentores e distância coberta por cada viatura de recolha	Os resultados indicam valores significativos de ineficiência devido a deseconomias de escala. As entidades gestoras poderão poupar cerca de 17,4% dos <i>inputs</i> consumidos se operarem a uma escala ótima. A amostra é dominada por entidades a operar em rendimentos de escala crescentes e apenas 25% se apresentam a operar em rendimentos decrescentes à escala. Os resultados permitem aferir que existem economias de escala na recolha de resíduos acima dos 50.000 habitantes.
Rogge e Jaeger, (2012)	Avaliar a eficiência da recolha municipal de várias frações de resíduos na região Belga de Flemish	Custo com a gestão de resíduos	Quantidade de resíduos de embalagem, resíduos verdes, monstros, indiferenciados, papel e cartão e outros resíduos recolhidos	Densidade populacional, população total e nível de vida	Foram encontrados baixos níveis de eficiência (em média 47 %) para a generalidade dos municípios analisados. Ao nível das eficiências por atividade, verifica-se que a eficiência é maior nas atividades que representam custos mais elevados, tais como a recolha indiferenciada de resíduos.
Chang, Liu e Yeh (2013)	Avaliar o efeito da aprendizagem em 23 empresas de reciclagem de resíduos em Taiwan	Efeito aprendizagem, recursos humanos e equipamento	Quantidade de resíduos recicláveis e resíduos indiferenciados recolhidos	Natureza do meio (urbano ou rural), rendimento disponível familiar	O efeito aprendizagem <i>per capita</i> e a quantidade de resíduos recicláveis recolhidos é mais elevado em regiões urbanas comparativamente com as regiões rurais. O nível de poder de compra favorece uma maior preocupação sobre o ambiente.

Autor	Objetivo do Estudo	<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>	Fatores Explanatórios	Principais Conclusões
Rogge e Jaeger, (2013)	Avaliar a eficiência da recolha municipal em 293 municípios da Bélgica	Custos com a recolha e processamento de resíduos de cada município	Frações de resíduos recolhidos (resíduos verdes, embalagens, monstros e indiferenciados)		O método DEA correspondente ao modelo estudado apresenta uma elevada adequação ao estudo da eficiência da recolha e processamento das várias fileiras de materiais, ajustando-se aos fatores ambientais e <i>outliers</i> que poderiam de outro modo, influenciar os resultados.
Moreno, Benito e Solana (2014)	Conhecer o que condiciona a eficiência das atividades municipais de recolha de resíduos e limpeza urbana em municípios espanhóis	<i>Custo per capita</i>	Quantidade de resíduos e índice sobre sustentabilidade do serviço	Poder de compra <i>per capita</i> , densidade populacional, cor política, índice de importância turística local e gestão pública ou privada.	Os resultados sugerem a existência de uma relação significativa entre eficiência e todas as variáveis analisadas: rendimento <i>per capita</i> , densidade populacional, índice de importância turística de cada município e cor política. O estudo revela que a eficiência diminui quando o nível de vida e a densidade populacional aumenta e que quanto maior o nível de vida, mais complexa e composta é a constituição dos resíduos e mais complexa e difícil é a sua recolha e gestão.

Capítulo 3. A METODOLOGIA DEA

3.1. Conceitos gerais

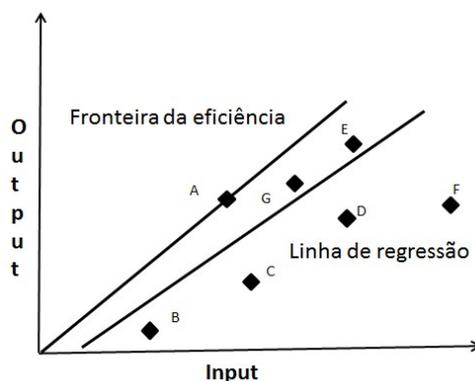
A abordagem de análise de dados pelo método designado de Data Envelopment Analysis (DEA) compreende uma análise não paramétrica, baseada na programação linear, com o objetivo de medir a eficiência relativa de uma determinada unidade de produção, designada de DMU (Decision Making Unit), relativamente às restantes, tendo por base os recursos consumidos (*inputs*) e a produção efetuada (*outputs*).

Esta metodologia, primeiramente introduzida por Farrel (1957), e mais tarde desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), tem sido bastante referenciada na mais diversa literatura sobre análise de eficiência (Cooper *et al*, 2004). Farrel começou por demonstrar que a eficiência de uma determinada unidade de produção poderia ser dividida em duas componentes, que designou de eficiência técnica e eficiência de preço. Estes conceitos apresentavam-se inovadores à época, uma vez que, até essa altura, para se determinar a eficiência das organizações, apenas era tida em conta a eficiência do trabalho. Foi no artigo intitulado Measuring Efficiency of Decision Making Units de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que o termo DEA surge numa das primeiras vezes, no designado modelo CCR.

Alguns autores, também para medir a eficiência de determinadas unidades produtivas, utilizam modelos paramétricos, designadamente técnicas de regressão pelo método dos mínimos quadrados, no entanto, ao contrário da análise DEA, a análise de regressão é uma função de médias, identificando as unidades que se localizam a determinada distância da média (Mello *et al*, 2005).

Consideremos a figura seguinte:

Figura 3.1- Representação da fronteira da eficiência e linha de regressão



Enquanto o modelo paramétrico, baseado em regressão linear (representado na figura pela linha de regressão), reflete uma média ou tendência central, o modelo DEA, não paramétrico, constrói uma fronteira de eficiência tendo por base unidades produtivas com maior desempenho relativo, face às restantes (na figura representado pela fronteira da eficiência). No exemplo citado, a unidade A, ao localizar-se na fronteira de eficiência, é a mais eficiente comparativamente com as restantes.

Contrariamente aos modelos paramétricos, que otimizam um plano de regressão em função das observações, o modelo DEA procede à otimização do desempenho de cada unidade, de modo a encontrar uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são eficientes do ponto de vista de Pareto. Uma unidade é eficiente do ponto de vista de Pareto se para melhorar numa das dimensões (input ou output) tiver que piorar noutra dimensão.

O recurso crescente a esta metodologia de análise deve-se fundamentalmente à facilidade de utilização e ao facto de ser uma técnica não paramétrica e com isso não necessitar da definição de uma função de produção inicial. Por outro lado, a possibilidade de utilização de múltiplos *inputs* e *outputs*, expressos em diferentes unidades de medida, possibilita a sua utilização em inúmeras situações, contribuindo para o seu acentuado desenvolvimento. Esta técnica permite ainda identificar as melhores práticas que poderão ser adotadas pelos operadores menos eficientes.

Por outro lado, com esta metodologia também é possível determinar a dimensão ótima dos operadores, estimar os potenciais ganhos de eficiência, obter taxas marginais de substituição entre os fatores de produção e determinar o modelo de governança mais eficiente (Marques e Simões, 2009).

A técnica DEA conduz, assim, à definição das entidades mais eficientes que compõem a fronteira, designada por fronteira de eficiência, bem como à determinação das eficiências relativas das restantes unidades produtivas (Fried, 2008 *in* Marques, Carvalho e Simões, 2012). Desta forma, a técnica DEA permite também quantificar os níveis de ineficiência das diferentes unidades (Charnes *et al*, 1998).

A redução da ineficiência poderá ser efetuada na perspetiva dos recursos, ou *inputs* (dizendo-se que o modelo é orientado para os *inputs*), na qual se procede à determinação da quantidade de *inputs* a reduzir, mantendo-se inalterado o nível dos *outputs*, ou, em alternativa, na perspetiva dos *outputs*, em que, mantendo o nível dos *inputs*, se avalia a quantidade de *outputs* a aumentar (modelo orientado para os *outputs*), para que a DMU atinja a eficiência (Cook e Seiford, 2009).

Existem porém casos onde os objetivos exclusivos de minimização de *inputs* ou maximização de *outputs* podem não ser fáceis de concretizar pelo que surge a necessidade de conjugar ambos simultaneamente. Nestas situações, onde a orientação do modelo não se encontra definida, aplica-se o método não orientado (*non-oriented method*) (Marques, Simões e Cruz, 2012b).

Quando se utiliza o DEA, a eficiência de uma DMU é calculada com base no rácio da soma ponderada dos *outputs* sobre a soma ponderada dos *inputs* e poderá ser representada pela seguinte expressão:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Soma ponderada dos Outputs}}{\text{Soma ponderada dos Inputs}} \quad (1)$$

Para cada DMU, o modelo DEA, através da resolução de um problema de programação linear, determina os pesos a atribuir aos *inputs* e aos *outputs* de forma a maximizar o rácio de eficiência e a garantir que nenhuma DMU apresenta um rácio superior a 1 (Janeiro, 2012).

Mello *et al* (2005) refere ainda que, na seleção das variáveis, o número total de *inputs* e *outputs* ($x+y$) deverá ser inferior a um terço do número de DMUs.

O problema de DEA poderá, segundo Charnes *et al* (1998), ser formulado do seguinte modo:

Consideremos n DMUs ($j=1,\dots,n$) que utilizam m *inputs* para obter s *outputs*. Sejam x_{ij} e y_{rj} respetivamente, a quantidade de input i utilizada pela DMU j e a quantidade de output r produzida pela DMU j e $v_i, u_r \geq 0$ as variáveis representativas dos pesos dos *inputs* e dos *outputs*, respetivamente, que serão determinados pelo problema de otimização.

O problema será então,

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j=1,\dots,n$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m$$

O modelo DEA descrito em (2) tem como objetivo determinar as DMUs eficientes, e portanto que constituem a fronteira de eficiência, e as que se situam na superfície envolvida, denominadas de ineficientes. Para isso, são determinadas um conjunto de variáveis u_r e v_i positivas, que maximizem a eficiência relativa de cada DMU.

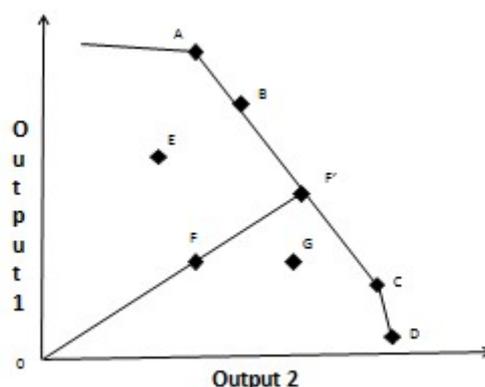
Assim, para cada DMU, será maximizada uma função objetivo, em função do conjunto de restrições.

A solução para o modelo anterior implica a resolução de n problemas de programação linear, um para cada DMU.

Para além da eficiência relativa, a resolução do modelo anterior fornece também informação sobre as metas a alcançar por cada DMU ineficiente bem como as unidades que devem servir de referência para efeitos de aprendizagem.

Consideremos a figura seguinte:

Figura 3.2- Representação da localização relativa das DMUs



Neste exemplo, as unidades A, B, C e D são consideradas eficientes devido ao facto de se localizarem na fronteira de eficiência. Por sua vez, as unidades designadas por E, F e G são ineficientes uma vez que se localizam na superfície envolvida pela fronteira de eficiência. No caso da unidade F, a dimensão da ineficiência poderá ser determinada por $\frac{OF}{OF'}$, sendo as unidades B e C as que servem de referência à DMU F para efeitos de aprendizagem.

3.2. Os modelos CCR e BCC

A metodologia DEA apresenta duas abordagens distintas: o modelo CCR, criado por Charles, Cooper e Rhodes em 1978, que considera que as entidades operam à escala ótima ou seja, que apresentam rendimentos constantes à escala e fornece uma medida de produtividade global, designada por eficiência técnica ou produtiva (Carrasqueira *et al*, 2010). Este modelo é também conhecido por modelo CRS, *constant returns to scale* (Cooper, Seiford e Tone, 2002).

Por outro lado, o modelo BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), com base nos estudos de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), também designado por modelo VRS (*variable returns to scale*), considera rendimentos de escala variável, e estima desta forma o valor da eficiência para uma dada escala operacional, distinguindo entre eficiência técnica pura e eficiência de escala. Este modelo permite também uma avaliação sobre a presença de rendimentos de escala crescentes, decrescentes ou constantes (Carrasqueira *et al*, 2010).

Como já foi referido anteriormente, a eficiência é determinada pelo quociente entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs* e pode ser orientado para minimizar inputs ou maximizar outputs. O modelo matemático de DEA permite desta forma que cada DMU calcule os pesos de cada variável, por forma a otimizar o quociente, sujeito à condição de que esses pesos aplicados às restantes variáveis não gerem uma razão superior à unidade.

A formulação matemática do modelo CCR poderá ser desenvolvida pela linearização do modelo apresentado em (2) que corresponde na prática a um modelo de programação fracional e portanto, com um número infinito de soluções (Janeiro, 2012). A linearização pode ser obtida se o denominador da função objetivo for igual a uma constante, normalmente igual à unidade.

A formulação do modelo CCR, para uma orientação *input*, será, segundo Cook e Seiford (2009):

$$\max h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

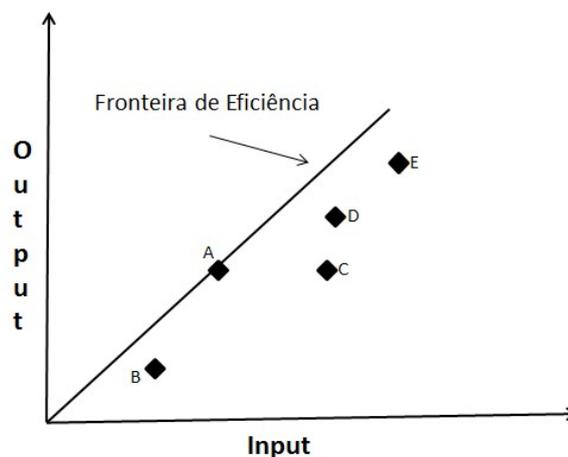
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r=1, \dots, s \quad i=1, \dots, m$$

O número de problemas de programação linear a resolver é igual ao número de DMUs. A estrutura matemática do modelo permite também que a DMU seja considerada eficiente com várias combinações de pesos. Podem também ser atribuídos valores quase nulos a determinado *input* ou *output* mas, nesse caso, tal significa que a variável em causa não é considerada na avaliação (Mello *et al*, 2005).

A figura seguinte apresenta uma representação geométrica do modelo CCR

Figura 3.3- Representação geométrica do modelo CCR



Como se pode observar na figura anterior, qualquer alteração que ocorra ao nível dos *inputs* conduz a uma alteração proporcional nos outputs. As DMUs B, C, D e E localizam-se abaixo da fronteira de eficiência e como tal são consideradas ineficientes relativamente à DMU A, que se localiza na fronteira de eficiência. O modelo CRS é mais restritivo que o modelo VRS e, por esse motivo, normalmente conduz a um menor número de unidades eficientes e *scores* mais baixos para a generalidade das DMUs (Simões, 2007).

A formulação do modelo BCC diferencia-se segundo Cook e Seiford (2009) do modelo CCR por incluir uma variável adicional, pelo que, na forma linearizada temos:

$$\max h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad (4)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

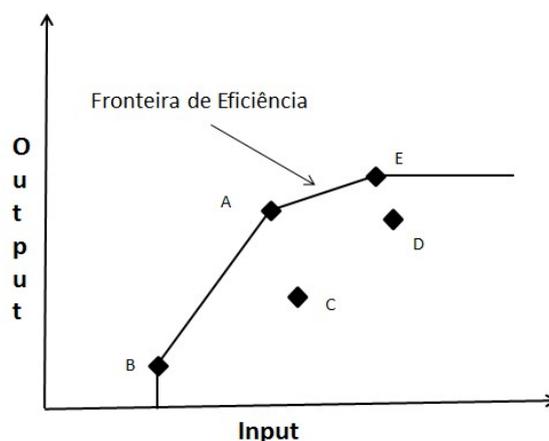
$$r=1, \dots, s$$

$$i=1, \dots, m$$

Uma DMU que seja eficiente do ponto de vista do modelo CCR sê-lo-á também do ponto de vista do modelo BCC (Gregoriou e Zhu, 2005).

A figura seguinte apresenta uma representação geométrica do modelo BCC:

Figura 3.4- Representação geométrica do modelo BCC



No modelo BCC, as modificações realizadas ao nível dos *inputs* originam alterações desproporcionais nos *outputs*, produzindo, assim, economias ou deseconomias de escala (Marques e Simões, 2009). Na figura anterior as DMUs C e D, ao localizarem-se abaixo da curva de eficiência, apresentam-se ineficientes comparativamente com as unidades A, B e E.

A eficiência poderá ser técnica (pura ou de escala) ou alocativa. A eficiência técnica pura representa o valor obtido pela maximização dos *outputs* ou minimização dos *inputs*, para uma dada dimensão da DMU, enquanto que a eficiência de escala corresponde à produção obtida no nível de escala ótimo, procurando maximizar assim a produtividade média.

Contrariamente à eficiência técnica, a eficiência alocativa avalia se para um determinado nível de *output*, o consumo de *input* está otimizado, face aos seus preços individuais, por forma a minimizar os custos de produção. Ao produto da eficiência técnica com a eficiência alocativa, resulta a eficiência económica e representa o mínimo valor de *inputs*, para uma determinada produção, ou o máximo valor dos *outputs* para uma dado consumo de *inputs* (Marques e Simões, 2009).

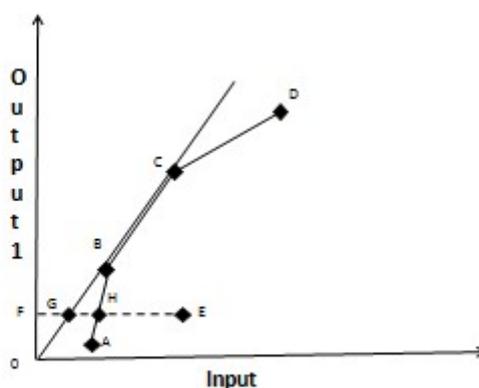
O valor de eficiência, no modelo VRS, é sempre igual ou superior ao valor no modelo CRS, o que é justificado pela existência de possíveis ineficiências de escala (Marques e Simões, 2009).

O valor determinado pelo modelo CRS constitui a eficiência técnica total, enquanto que na aplicação do modelo VRS, a eficiência técnica poderá ser decomposta em eficiência técnica pura e eficiência de escala. Ao contrário da eficiência técnica, a eficiência de escala fornece informação acerca do montante de recursos que poderia ser poupado, se a DMU operasse numa escala ótima (Joro e Korhonen, 2015).

O nível ótimo de produção deverá ocorrer onde os rendimentos de escala são constantes ou seja, onde a eficiência técnica pura e a eficiência de escala são iguais a 1 (Joro e Korhonen, 2015).

Consideramos a figura seguinte, adaptada de Banker *et al* (1984), in Janeiro (2012):

Figura 3.5- Representação do nível ótimo de produção



No segmento AB observam-se economias crescentes à escala ao passo que no segmento CD temos presentes economias decrescentes à escala. Entre os pontos B e C observa-se economias de escala constantes, logo corresponde à zona ótima de produção.

O segmento $\frac{FG}{FE}$ representa a eficiência técnica da DMU E (considerando orientação Input) o que resulta da comparação do ponto E com o ponto G.

A eficiência técnica pura é representada por $\frac{FH}{FE}$ que compara o ponto E com o H que tem dimensão de escala idêntica. A eficiência de escala é representada por $\frac{FG}{FH}$ considerando uma orientação input (Banker *et al*, 1984 *in* Janeiro, 2012).

Capítulo 4. APLICAÇÃO DO DEA ÀS ENTIDADES GESTORAS

Como anteriormente referido, a gestão dos resíduos urbanos no setor do retalho ou sistema em baixa é assegurada pelos municípios e compreende as atividades de recolha dos resíduos indiferenciados contentorizados, a recolha dos resíduos verdes, monstros e inertes bem como o transporte e deposição para as instalações de tratamento ou transferência do sistema em Alta. Inclui também as atividades relacionadas com a instalação, lavagem e manutenção dos equipamentos de deposição.

Este serviço, classificado de serviço público essencial, é prestado aos utilizadores dos sistemas que constituem os consumidores do serviço. Estes consumidores dividem-se fundamentalmente em três grupos: consumidores domésticos constituídos pelas famílias e que são pequenos produtores de resíduos, consumidores não domésticos que constituem o sector do pequeno comércio e restauração e beneficência que inclui as instituições de solidariedade social ou similares.

Para cada uma destas tipologias de consumidores encontra-se definido um sistema tarifário, materializado numa componente que corresponde à tarifa fixa e outra à tarifa variável. O sistema tarifário praticado pela grande maioria das entidades gestoras em baixa está associado ao consumo de água, baseando-se na existência de uma correlação elevada entre a produção de resíduos e o consumo de água (Levy *et al*, 2002).

Os custos de gestão dos resíduos deverão ser na sua totalidade suportados pela correspondente tarifa e repercutidos nos utilizadores do sistema, dando relevância à importância deste serviço ser prestado num contexto de eficiência (Cunha e Rodrigues, 2012).

O presente estudo pretende avaliar a eficiência da recolha de resíduos prestada pelas entidades gestoras, no setor em baixa (retalho) considerando para o efeito informação sobre 101 entidades referente ao ano de 2013.

A informação recolhida para este trabalho é do domínio público, foi fornecida pela ERSAR, e subdivide-se em três grupos consoante o grau de fiabilidade. Neste estudo, dos 260 operadores, apenas se consideraram 101, que constituem as entidades cuja informação apresenta uma maior fiabilidade para as variáveis utilizadas.

Como tal, e tendo por base a revisão da literatura realizada, decidimos considerar como inputs as seguintes variáveis: combustível consumido, capacidade instalada das viaturas de recolha e dos equipamentos de deposição e, por último, o pessoal afeto a este serviço. A utilização destas variáveis, designadamente, o combustível consumido, os equipamentos e o pessoal afeto, já anteriormente tinha sido considerada em Marques, Carvalho e Simões (2012), Marques, Cruz e Carvalho (2012) ou Gaiola e Bravo (2002), embora estes autores tenham efetuado a abordagem numa perspetiva de custos e não de recursos materiais, como nos propomos efetivar neste estudo.

No que respeita aos *outputs*, e tendo em conta a grande maioria dos estudos referenciados na revisão da literatura tais como Marques, Carvalho e Simões (2012), Marques, Simões e Cruz (2012) ou Rogge e Jaeger (2013), considerou-se como único *output* do modelo a quantidade de resíduos recolhidos.

A figura seguinte esquematiza as variáveis correspondentes aos *inputs* e *output* do modelo.

Figura 4.1- Representação esquemática do modelo adotado.



Relativamente aos *inputs* temos:

- 1) Combustível consumido (tep): respeita à quantidade de combustível consumido pelas viaturas de recolha indiferenciada de resíduos urbanos. O consumo de combustível vem expresso em tonelada equivalente de petróleo, tep (1 000 L diesel = 0.873 tep).
- 2) Capacidade instalada de viaturas de recolha de resíduos (m³): corresponde à capacidade instalada das viaturas de recolha indiferenciada referente a todas as descargas de resíduos efetuadas. São consideradas todas as viaturas afetadas à recolha indiferenciada, independentemente da sua capacidade e características técnicas.
- 3) Pessoal afeto ao serviço de gestão de resíduos (n^o): corresponde ao número total equivalente de colaboradores a tempo inteiro da entidade gestora afetos ao serviço de gestão de resíduos. A informação apresenta-se subdividida em recursos humanos próprios ou seja internos à organização e recursos humanos correspondentes a *outsourcing*. Para o cálculo da eficiência relativa, foram considerados os recursos humanos na sua totalidade, ou seja, a soma destas duas subvariáveis.
- 4) Capacidade instalada de contentores (m³): corresponde à capacidade do total do parque de contentores de recolha indiferenciada, existente na área de atuação da entidade gestora, incluindo de porta a porta, de superfície e subterrâneos.

No que respeita ao *output* resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente (Tn), corresponde à quantidade total de toneladas de resíduos urbanos recolhidos indiferenciadamente na área de intervenção da entidade gestora correspondente à recolha indiferenciada.

Conforme a maior parte dos estudos mencionados na revisão de literatura, também neste caso o modelo utilizado seguiu uma orientação *input*. Esta opção apresenta justificação no facto do objetivo operacional consistir na recolha dos resíduos produzidos, minimizando a utilização de recursos. Esta tese é corroborada em Rogge e Jaeger (2012), que consideram inclusivamente que os modelos de orientação *input* se apresentam mais adequados, na maior parte das situações, onde se pretende avaliar a análise de eficiência de serviços públicos.

A primeira fase deste estudo consistiu na análise da informação recolhida na ERSAR referente a 2013, tendo-se excluído as entidades gestoras que não apresentavam a totalidade de informação referente às variáveis consideradas. Desta forma, do universo das 260 entidades, foi possível constatar que 110 apresentavam dados para todas as variáveis do nosso modelo. Após constituir uma base de dados com a informação para estas 110 entidades, procedeu-se então à identificação e remoção de *outliers*.

Para identificar os *outliers*, começou-se por utilizar um modelo de supereficiência, quer no pressuposto de rendimentos de escala constantes, quer variáveis. Optou-se pelas duas versões por se considerar que a escala tem uma influência significativa na eficiência das entidades gestoras, uma vez que a quantidade de equipamentos de deposição, a sua capacidade e a dispersão geográfica condicionam o dimensionamento dos circuitos de recolha. A este respeito é importante referir que o modelo de supereficiência tem a particularidade de não limitar a taxa de eficiência de cada DMU a 100%. Para a obtenção dos resultados recorreu-se ao programa informático Efficiency Measurement System (EMS) da autoria de Holger Scheel (Scheel, 2000).

Da aplicação do modelo VRS em supereficiência, optámos por eliminar da análise posterior as entidades gestoras cuja eficiência superou os 120% que é o limite recomendado por alguns autores (e.g. Banker e Gifford, 1988).

Desta forma excluíram-se 9 entidades consideradas *outliers*, resultando assim 101 entidades para análise. De facto, na análise das variáveis correspondentes a estas 9 entidades, verificou-se que as mesmas apresentavam valores muito reduzidos e atípicos para a capacidade instalada de contentores e pessoal afeto.

Os valores estatísticos das variáveis das 101 entidades consideradas na nossa análise são apresentados na Tabela 4.1 que se segue.

Tabela 4.1- Valores estatísticos correspondentes a cada *input* e *output*

Variável		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Capacidade instalada de contentores (m3)	Input	1 485,0	1 293,6	225,0	6 177,0
Capacidade instalada de viaturas de recolha (m3)	Input	33 623,7	37 979,4	4 224,0	234 017,0
Combustível consumido (tep)	Input	73,2	79,4	11,1	531,3
Pessoal afecto (nº)	Input	34,4	39,5	5,2	264,5
Resíduos urbanos recolhidos (Tn)	Output	14 035,7	15 312,5	1 035,0	84 809,0

Após a exclusão dos *outliers* optámos por verificar se a tipologia do meio condiciona, ou não, a eficiência das 101 entidades objeto de análise. Esta questão surge no seguimento de Moreno, Benito e Solana (2014), Chang, Liu e Yeh (2013), Marques, Cruz e Carvalho (2012), Rogge e Jaeger (2012) e Marques e Simões (2009) concluírem que fatores relacionados com a densidade populacional, dispersão geográfica e consequentemente distância entre equipamentos são fatores explicativos da eficiência.

Desta forma, procedeu-se à classificação das entidades gestoras em dois grupos: o Grupo 1 que inclui as 42 entidades que operam em meio predominantemente urbano, enquanto no Grupo 2 incluem-se as 59 entidades que operam em meios predominantemente rurais.

Para a análise da eficiência relativa recorreu-se ao modelo CRS e ao modelo VRS.

O recurso ao modelo VRS é justificado pelo facto de se decidir explorar o efeito de escala, por se considerar que as unidades diferem consideravelmente em termos de dimensão, sendo que a escala, por esse motivo, poderá ser um fator importante na determinação da eficiência.

As taxas médias de eficiência obtidas para cada um dos grupos e para cada um dos pressupostos de escala adotados são apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 4.2- Valores de eficiência determinados em cada um dos grupos, nos dois modelos aplicados

Modelo	Média Grupo 1	Média Grupo 2
Modelo CRS	88,0%	71,8%
Modelo VRS	93,2%	88,1%

Como se pode observar na tabela 4.2, os valores de eficiência média obtidos para as entidades gestoras a operar em meio urbano (Grupo 1) são claramente superiores aos valores de eficiência obtidos para as entidades que operam em meio rural (Grupo 2), em ambos os modelos. No sentido de aferir se esta diferença é estatisticamente significativa, foi realizado, seguindo Martinez e Ferreira (2010), o teste não paramétrico Mann-Whitney U, cujos valores se apresentam na tabela 4.3 que se segue.

Tabela 4.3- Valores de eficiência determinados

Modelo	Sig Value	Intervalo de Confiança
Modelo CRS	0,000	95%
Modelo VRS	0,009	95%

Pela análise dos resultados obtidos, referidos na tabela anterior, constata-se que em ambos os modelos o valor de significância é inferior ao valor de α (0,05), para o intervalo de confiança considerado (95%), pelo que se conclui existirem diferenças significativas entre o valor médio da eficiência entre os grupos, para ambos os modelos.

Ou seja, os valores de eficiência média são significativamente mais elevados nas entidades gestoras correspondentes ao grupo 1 (meio urbano) comparativamente com as entidades do grupo 2 (meio rural).

Esta diferença poderá residir no facto de o meio rural apresentar uma menor densidade populacional e uma maior dispersão dos aglomerados urbanos, que naturalmente necessitam de equipamentos de deposição, mas que produzem uma menor quantidade de resíduos *per capita* (Levy e Cabeças, 2006).

Ao efetuar a recolha destes equipamentos são consumidos mais recursos para recolher menores quantidades de resíduos, comparativamente com os meios mais urbanos. Acresce ainda o facto da produção de resíduos *per capita* ser inferior no meio rural, comparativamente com o meio urbano (Tchobanoglous, Theisen e Vigil, 1993), o que naturalmente condiciona a eficiência das operações de recolha.

Esta conclusão difere da tese de Chen (2010) que, ao estudar a eficiência das operações de produção, triagem e recolha de 23 cidades de Taiwan, concluiu que a eficiência das operações praticada nas regiões rurais apresenta desempenhos superiores comparativamente com as regiões urbanas. Este facto sugere que a gestão de resíduos praticada em países em vias de desenvolvimento apresenta diferenças profundas comparativamente com a gestão praticada em países desenvolvidos, desde logo pelo baixo nível de cobertura dos serviços, designadamente nas zonas rurais onde os resíduos não recolhidos poderão chegar aos 60% (Vesilind, Worrel e Reinhart, 2002).

Tendo-se constatado que a natureza do meio influencia a eficiência das entidades gestoras, procedeu-se à determinação das eficiências relativas para cada um dos grupos separadamente.

4.1 Análise da eficiência das entidades gestoras que operam em meios maioritariamente urbanos

As entidades gestoras que operam em meios maioritariamente urbanos incluem-se no Grupo 1 e representam os municípios onde a zona urbana assume uma expressão superior e dominante face à zona rural.

Os valores estatísticos das variáveis usadas no modelo de DEA para este grupo de 42 entidades encontram-se descritos na tabela 4.4:

Tabela 4.4- Valores estatísticos das variáveis do modelo de DEA do Grupo 1

Variável (Grupo 1)		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Capacidade instalada de contentores (m3)	Input	2 403,0	1 440,5	469,0	6 177,0
Capacidade instalada de viaturas de recolha (m3)	Input	61 284,5	44 961,8	15 415,0	234 017,0
Combustível consumido (tep)	Input	129,1	95,8	34,5	531,3
Pessoal afecto (nº)	Input	61,1	48,7	13,5	264,5
Resíduos urbanos recolhidos (Tn)	Output	26 250,6	16 958,1	6 988,0	84 809,0

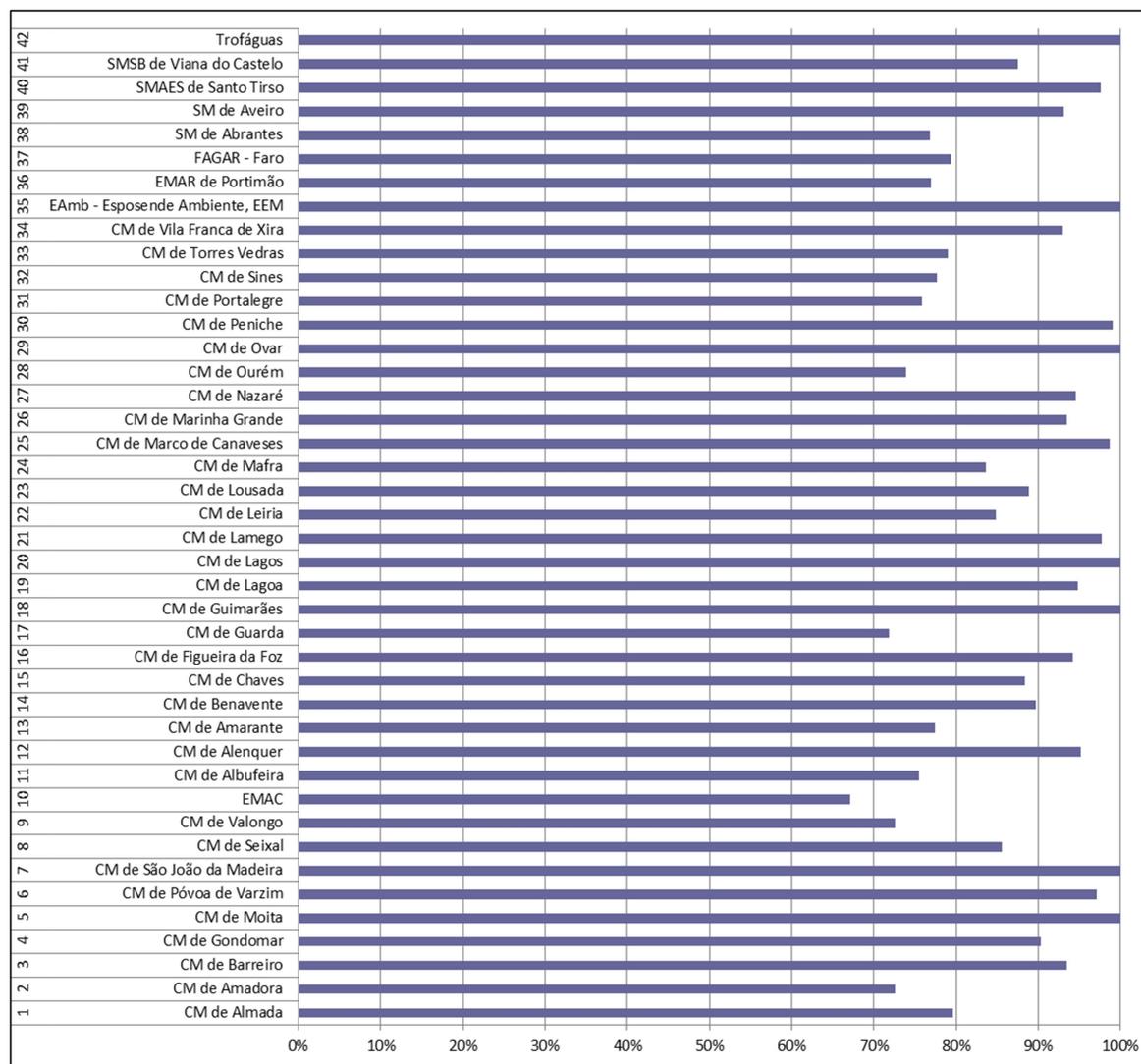
Depois de calculados os valores estatísticos das variáveis, foi efetuada a análise da eficiência das DMUs pertencentes a este grupo, recorrendo aos modelos CRS e VRS. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela seguinte:

Tabela 4.5- Valores de eficiência para as DMUs do Grupo 1

Modelo	Média Grupo 1
Modelo CRS	88,0%
Modelo VRS	94,1%
Eficiência de Escala	93,5%

No sentido de possibilitar uma leitura mais abrangente, para cada uma das entidades gestoras, procedeu-se à representação gráfica dos resultados obtidos em cada um dos modelos. A informação consta das figuras seguintes:

Figura 4.2- Eficiência técnica relativa das entidades gestoras do Grupo 1

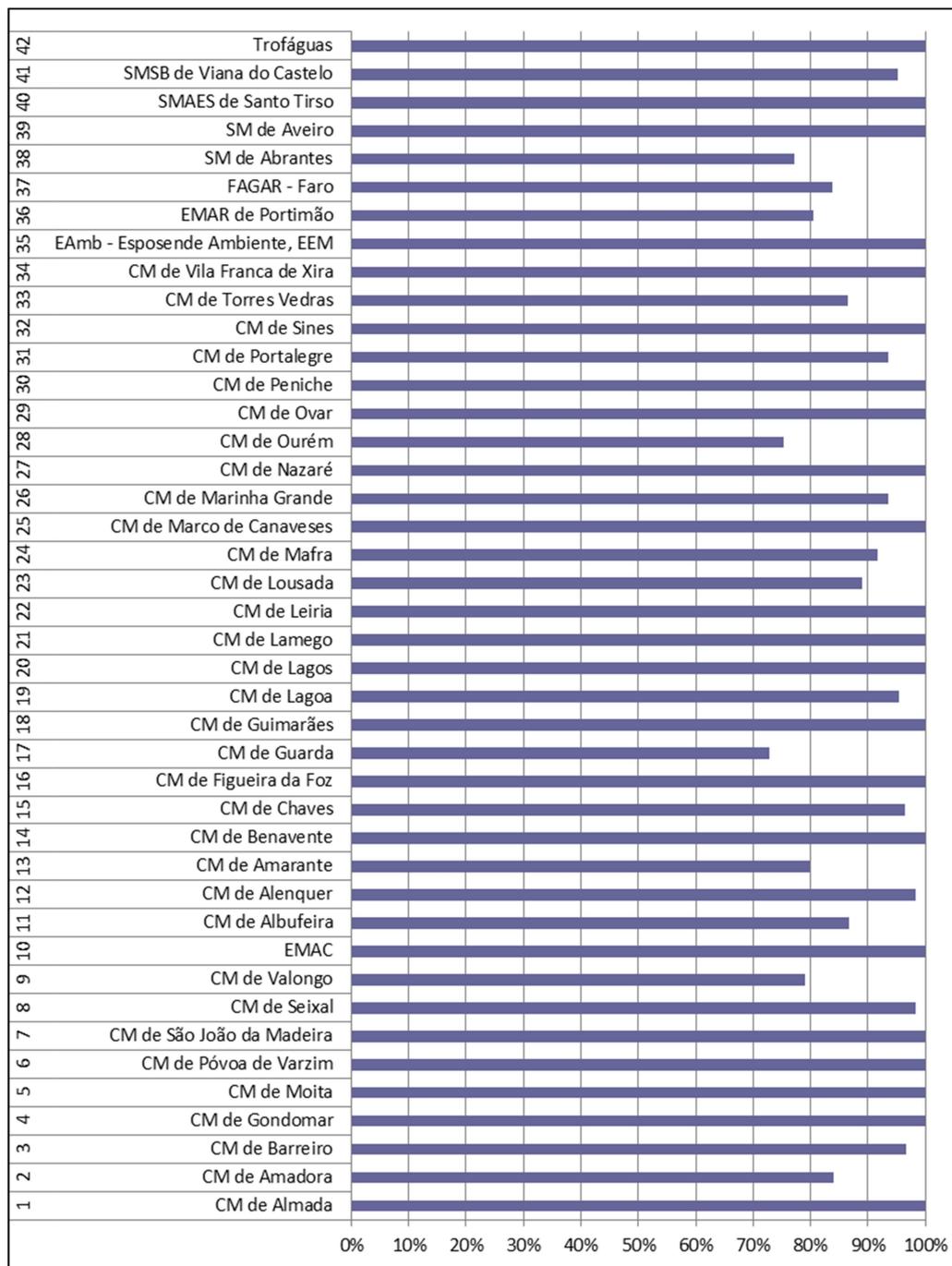


Como se pode constatar, existem 7 entidades gestoras cujo valor de eficiência técnica relativa é de 100%, para o modelo CRS.

Este facto sugere que das 42 entidades, 7 encontram-se a operar em rendimentos constantes à escala, uma vez que se localizam na fronteira eficiente do modelo CRS.

Relativamente à análise da eficiência técnica pura, modelo VRS, a representação para cada uma das entidades encontra-se na Figura 4.3 que se segue:

Figura 4.3- Eficiência técnica pura para as entidades gestoras do Grupo 1



A aplicação do modelo VRS, às DMUs do Grupo 1, origina 22 entidades a operar na fronteira da eficiência.

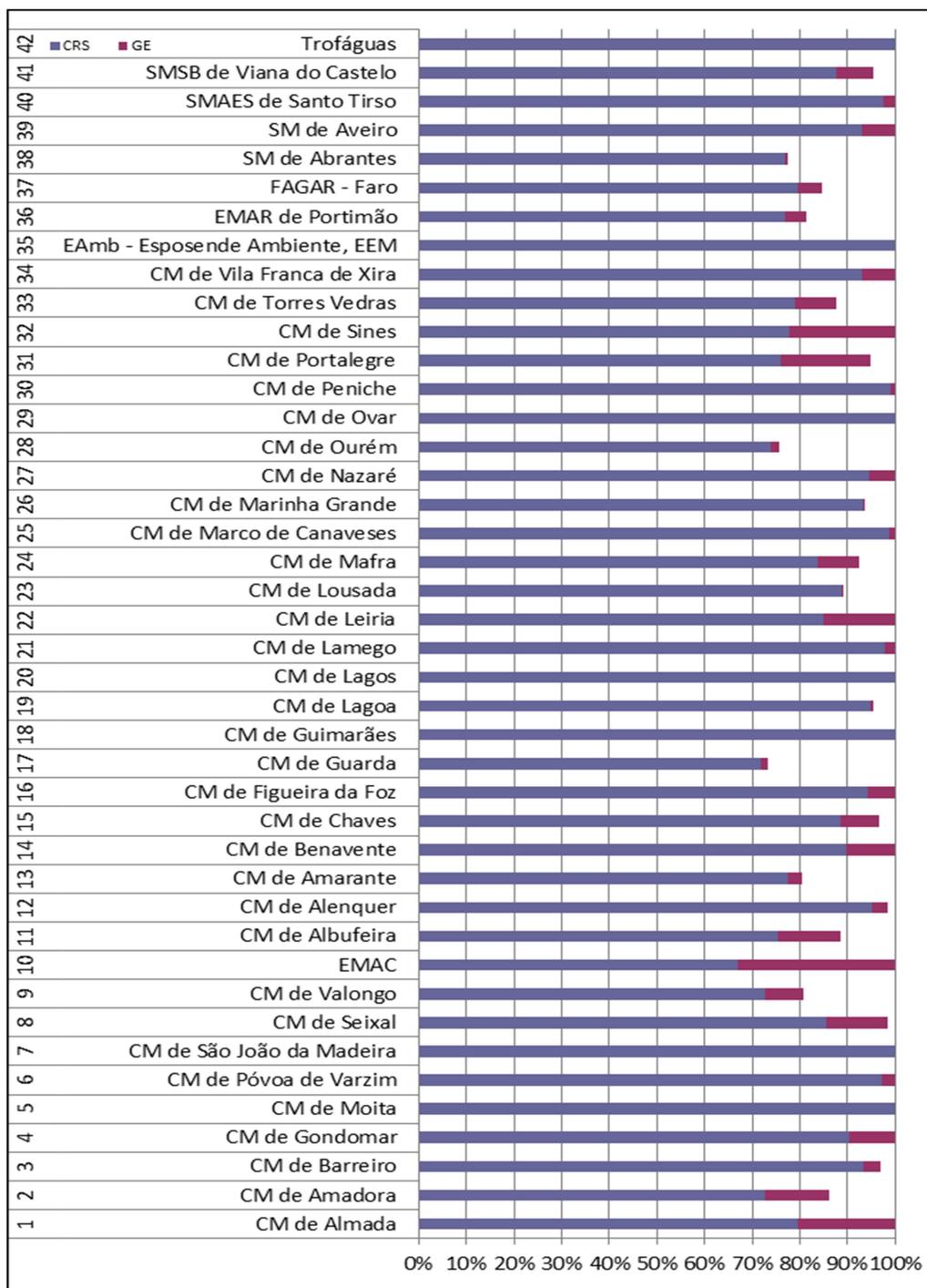
Acresce ainda o facto de não existirem entidades com folgas (*slacks*) ao nível do output, ou seja, não conseguem aumentar a quantidade de *output*, consumindo os mesmos recursos.

Tendo por base a informação referente à eficiência técnica e eficiência técnica pura, foi calculada a eficiência de escala (EE) e desta forma os ganhos de escala referente a cada entidade.

A eficiência de escala de uma DMU é 100%, quando é CRS eficiente. Se a DMU for VRS eficiente, mas não for CRS eficiente, então a sua eficiência de escala é menor do que 100%, indicando que esta unidade não se encontra a operar à escala mais produtiva.

A eficiência de escala foi obtida, pelo rácio do valor da eficiência técnica, pelo valor da eficiência técnica pura. Os valores obtidos, encontram-se representados na figura seguinte:

Figura 4.4- Eficiência técnica (CRS) e ganhos de escala (GE) por DMU, referente ao Grupo 1



Pela análise dos resultados referentes à aplicação dos modelos CRS e VRS às entidades gestoras do Grupo 1, podemos concluir que existe um potencial de melhoria da eficiência técnica média de 12%, do qual 6,5% corresponde a ganhos de escala.

Assim, podemos afirmar que, se todas as entidades gestoras a operar em meios predominantemente urbanos estivessem a adotar as melhores práticas, seria possível reduzir em 12% os recursos consumidos, mantendo a quantidade recolhida de resíduos.

Por sua vez, se as entidades gestoras operassem à escala ótima, seriam consumidos menos 6,5% dos recursos, para recolher igual quantidade de resíduos.

Comparativamente com a aplicação do modelo CRS, onde apenas 7 unidades se poderão classificar como eficientes (5, 7, 18, 20, 29, 35 e 42), quando se permite a existência de VRS, o número de unidades eficientes passa para 22.

Esta situação sugere a existência de 15 entidades (1, 4, 6, 10, 14, 16, 21, 22, 25, 27, 30, 32, 34, 39 e 40) que, sendo tecnicamente eficientes para o tamanho que possuem, operam a uma escala não ótima e, se atendermos ao facto de 5 dessas unidades (14, 21, 27, 30 e 32) apresentarem rendimentos crescente à escala, poderemos concluir que, nesta situação, uma maior escala de operação conduziria a valores de eficiência relativa mais elevados.

Da mesma forma, verifica-se que das entidades tecnicamente ineficientes a operar em rendimentos crescentes à escala (i.e. 15, 17, 23 e 31), as unidades 15 e 31 são as que poderiam beneficiar mais com um aumento da sua escala de operações.

Por outro lado, as unidades 8, 11, 24 e 41, sendo tecnicamente ineficientes, são as que poderiam beneficiar mais com uma redução da sua escala de operações.

No caso das unidades 11, 24 e 41, estamos perante municípios em que a sazonalidade apresenta uma expressão elevada e que, por esse motivo, em determinadas épocas do ano, experimentam um aumento considerável da produção de resíduos, pelo que a capacidade instalada de viaturas encontra-se dimensionada para o pico de produção.

Este facto poderá justificar a razão pela qual estas entidades se apresentam ineficientes.

Uma alternativa a esta situação passa pela contratação de meios mecânicos de recolha em determinadas época do ano, designadamente nos meses de verão, para fazer face aos aumentos da produção de resíduos, evitando desta forma uma capacidade instalada de viaturas, sobredimensionada para os restantes meses do ano.

No seguimento da análise efetuada, torna-se assim importante conhecer quais das entidades poderão beneficiar de aumentos ou reduções de escala. A natureza da ineficiência dos retornos de escala pode ser determinada impondo ao modelo de DEA a restrição de rendimentos de escala não crescentes (*nonincreasing*) e se, para uma dada DMU, o resultado da aplicação desta restrição originar um valor igual ao pressuposto VRS, então a DMU apresenta rendimentos decrescentes à escala (Rosado, 2008).

Pela aplicação do modelo restrito, obteve-se que, para o meio urbano, das 42 entidades gestoras 7 encontram-se a operar à escala constante, 26 encontram-se a operar em rendimentos decrescentes à escala e 9 entidades encontram-se a operar em rendimentos crescentes à escala. O resultado pode ser observado na tabela seguinte:

Tabela 4.6- Escala de produção das entidades do Grupo 1

Produção	Operadores em meios urbanos	Percentagem do total
Rendimentos constantes à escala	7	17%
Rendimentos crescentes à escala	9	21%
Rendimentos decrescentes à escala	26	62%
Total	42	100%

Como se pode observar, pela análise da tabela 4.6, o meio urbano é dominado por entidades gestoras de resíduos a operar em rendimentos decrescentes à escala (62%), ou seja, um aumento do valor dos *inputs* origina um aumento proporcionalmente menor ao nível dos *outputs*.

Por outras palavras, no caso de se verificar um aumento da quantidade de resíduos a recolher, terá de se proceder a um aumento proporcionalmente maior do valor da capacidade instalada de equipamentos, combustível e recursos humanos.

Esta situação poderá ter explicação no facto de que em meios urbanos, a maior densidade populacional, produção *per capita* de resíduos e escassez de espaço para instalação de contentores, dá origem em determinados locais à quase completa lotação dos equipamentos de deposição existentes e das viaturas de recolha.

Assim, a eventual necessidade de aumentar a quantidade de resíduos recolhidos iria originar a necessidade de proceder ao reforço dos contentores (principalmente naqueles em que se verifica um maior nível de enchimento) e viaturas existentes, conduzindo à disponibilização de mais equipamentos. Compreende-se que este incremento, ao nível dos equipamentos, seria necessariamente superior ao aumento dos resíduos a recolher.

É importante ter em atenção, no entanto, que, nas zonas mais densamente povoadas, não seria possível aumentar substancialmente alguns dos *inputs*, quer devido à escassez de espaço (instalação de mais contentores, por exemplo) quer devido ao tráfego intenso (aumento do número de viaturas de recolha).

Uma solução possível para esta situação poderia passar pela instalação de equipamento de deposição em profundidade, principalmente nos locais de maior densidade e produção de resíduos. Este equipamento deverá possuir, no entanto, uma versatilidade estrutural, para que se possa proceder às modificações da capacidade do contentor, em função dos aumentos de produção de resíduos.

Tal como referido anteriormente, este estudo estabeleceu também como objetivo averiguar se existem diferenças significativas entre a eficiência do serviço de recolha de resíduos realizado maioritariamente por meios próprios, quando comparada com a eficiência dos serviços realizados maioritariamente em regime de *outsourcing*.

Para o efeito, foram criados dois grupos com o objetivo de verificar se os níveis médios de eficiência diferem em cada um e, por outro lado, verificar se as diferenças são estatisticamente significativas.

Desta forma, recorreu-se à informação da variável recursos humanos, tendo-se utilizado o rácio número de colaboradores afetos a *outsourcing*, pelo número de colaboradores *in house*. Considerou-se que o nível de *outsourcing* predomina se o rácio for superior a 1. Resulta então para este grupo, 22 entidades gestoras a operar maioritariamente com recurso ao *outsourcing* e 20 entidades a operar maioritariamente por meios próprios.

Efetuada a análise pelos modelos CRS e VRS, obtiveram-se os resultados constantes na tabela seguinte:

Tabela 4.7- Valores comparativos de eficiência para os serviços executados com meios próprios e em *outsourcing*, referente ao Grupo 1

Modelo	Outsourcing	Eficiência Média Grupo 1
Modelo CRS	Com Outsourcing	89%
	Sem Outsourcing	87%
Modelo VRS	Com Outsourcing	95%
	Sem Outsourcing	94%

Como se pode observar, os valores de eficiência obtidos para os serviços realizados maioritariamente em *outsourcing* apresentam-se mais elevados comparativamente com a sua execução com recurso maioritário a meios próprios.

Com o objetivo de aferir se esta diferença se apresenta significativa, foi realizado o teste não paramétrico Mann-Whitney U. Os resultados são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 4.8- Teste de Mann-Whitney U para os valores de eficiência dos serviços executados com meios próprios e em regime de *outsourcing*, para o Grupo 1

Modelo	Sig Value	Nível de Confiança
Modelo CRS	0,479	95%
Modelo VRS	0,524	95%

Pela análise dos resultados apresentados na tabela 4.8, constata-se que, para ambos os modelos, o valor de significância é superior ao valor de α (0,05), para o nível de confiança considerado (95%), pelo que se conclui não existirem diferenças significativas, em CRS e VRS, entre o valor de eficiência obtido pelas entidades que utilizam maioritariamente meios próprios para a recolha de resíduos indiferenciados e as que recorrem maioritariamente ao *outsourcing* para desenvolver estas atividades.

Esta observação poderá ter explicação no facto de estarmos perante uma avaliação da eficiência no plano operacional e, por esse motivo, existirem semelhanças acentuadas entre o consumo de recursos entre os modelos operacionais considerados (meios internos e *outsourcing*).

De facto, para recolha de resíduos são necessários em cada viatura 1 motorista e 2 cantoneiros, para ambos os modelos operacionais e, pelo que nos foi dado a conhecer, em grande parte dos casos, até os próprios circuitos de recolha coincidem.

A diferença detetada entre os valores de eficiência, apesar de serem mais elevados quando se recorre ao *outsourcing*, sugere por estes motivos, que seja pouco significativa.

4.2 Análise da eficiência das entidades gestoras que operam em meios maioritariamente rurais.

As entidades gestoras que operam em meios maioritariamente rurais incluem-se no Grupo 2 e caracterizam-se pela existência de abundantes zonas rurais, onde a expressão urbana é reduzida e dispersa.

Os valores estatísticos das variáveis usadas no modelo de DEA para este grupo de 59 entidades apresentam-se na tabela 4.9 que se segue:

Tabela 4.9- Valores estatísticos para as variáveis do modelo de DEA do Grupo 2

Variável (Grupo 2)		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Capacidade instalada de contentores (m ³)	Input	831,5	600,4	225,0	3140,0
Capacidade instalada de viaturas de recolha (m ³)	Input	13933,0	9889,4	4224,0	50982,0
Combustível consumido (tep)	Input	33,4	21,4	11,1	135,5
Pessoal afecto (n ^o)	Input	15,3	10,8	5,2	55,6
Resíduos urbanos recolhidos (Tn)	Output	5340,3	3852,8	1035,0	21104,0

Tal como efetuado para as entidades do Grupo 1, foi realizada a análise da eficiência das DMUs recorrendo aos modelos CRS e VRS.

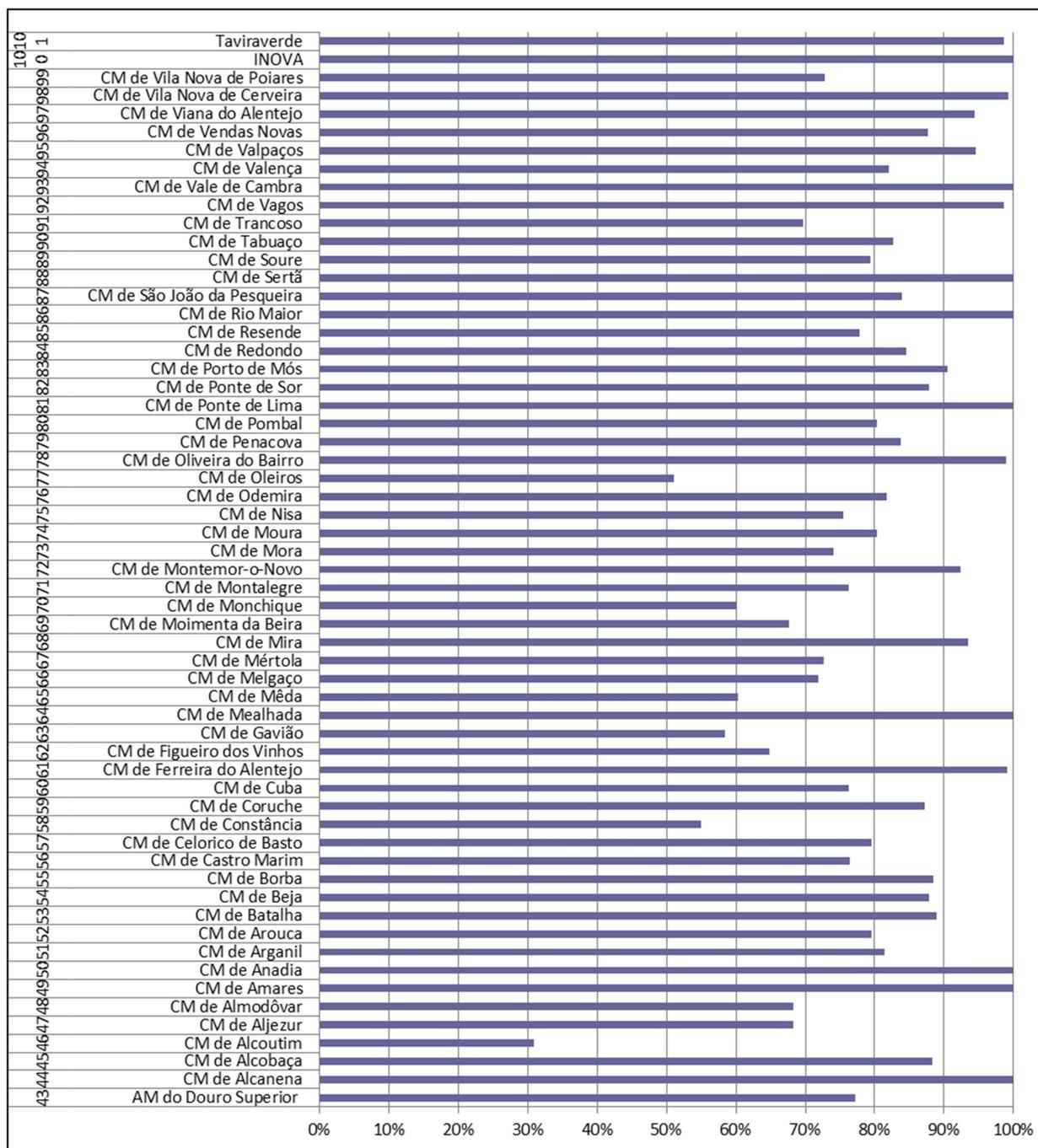
Os valores médios de eficiência obtidos para ambos os modelos podem ser observados na tabela seguinte:

Tabela 4.10- Valores de eficiência para as DMUs do Grupo 2

Modelo	Média Grupo 2
Modelo CRS	82,4%
Modelo VRS	92,0%
Eficiência de Escala	89,6%

A representação da eficiência técnica das entidades gestoras que operam em meios rurais, e que esteve na base dos valores médios apresentados na tabela anterior, encontra-se ilustrada na figura seguinte:

Figura 4.5- Eficiência técnica relativa das entidades gestoras do Grupo 2

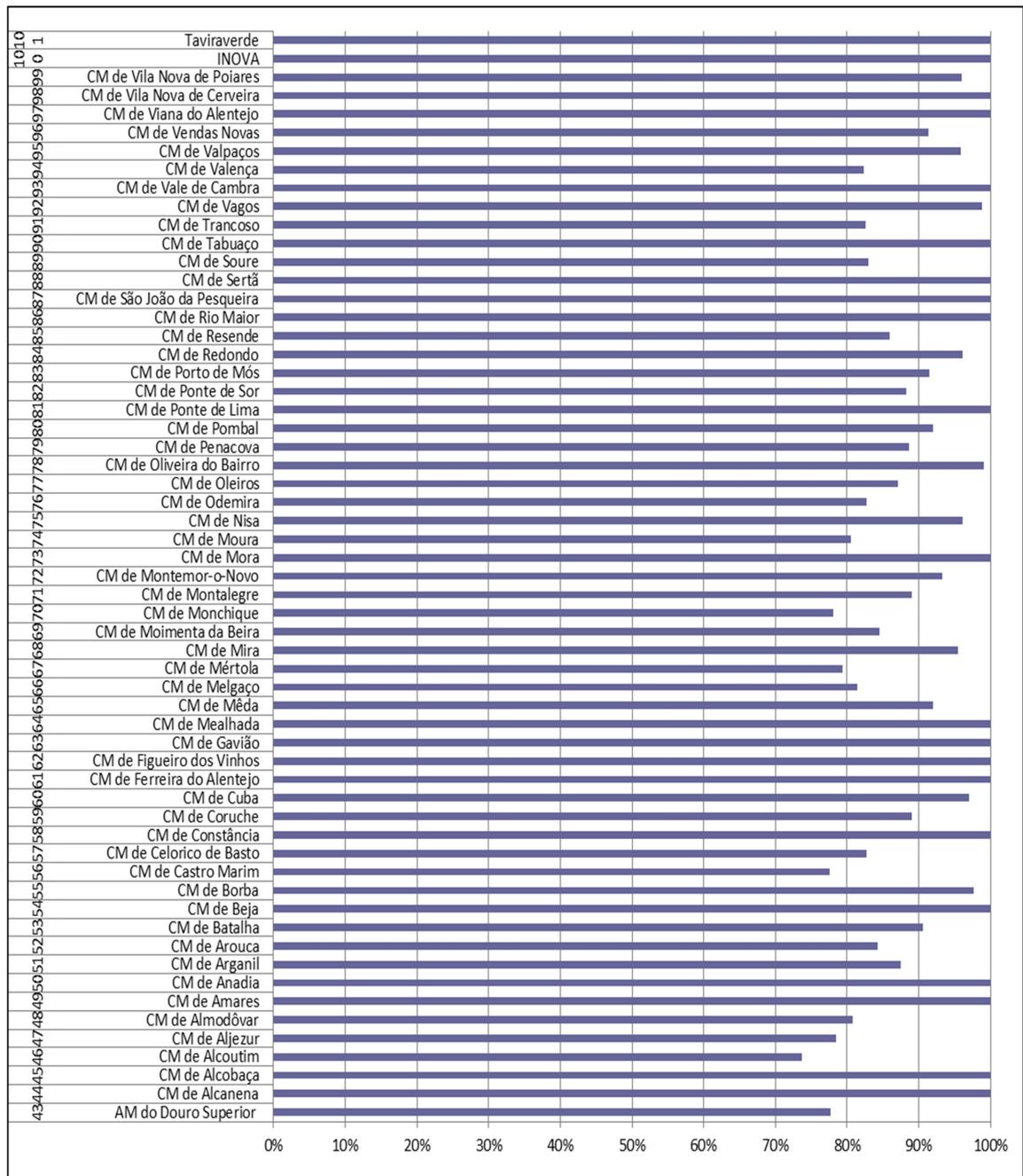


Como se pode observar na figura anterior verifica-se que apenas 9 entidades se encontram a operar na fronteira de eficiência.

Este facto sugere que das 59 entidades consideradas, apenas 9 são tecnicamente eficientes, e como tal, encontram-se a operar à escala ótima.

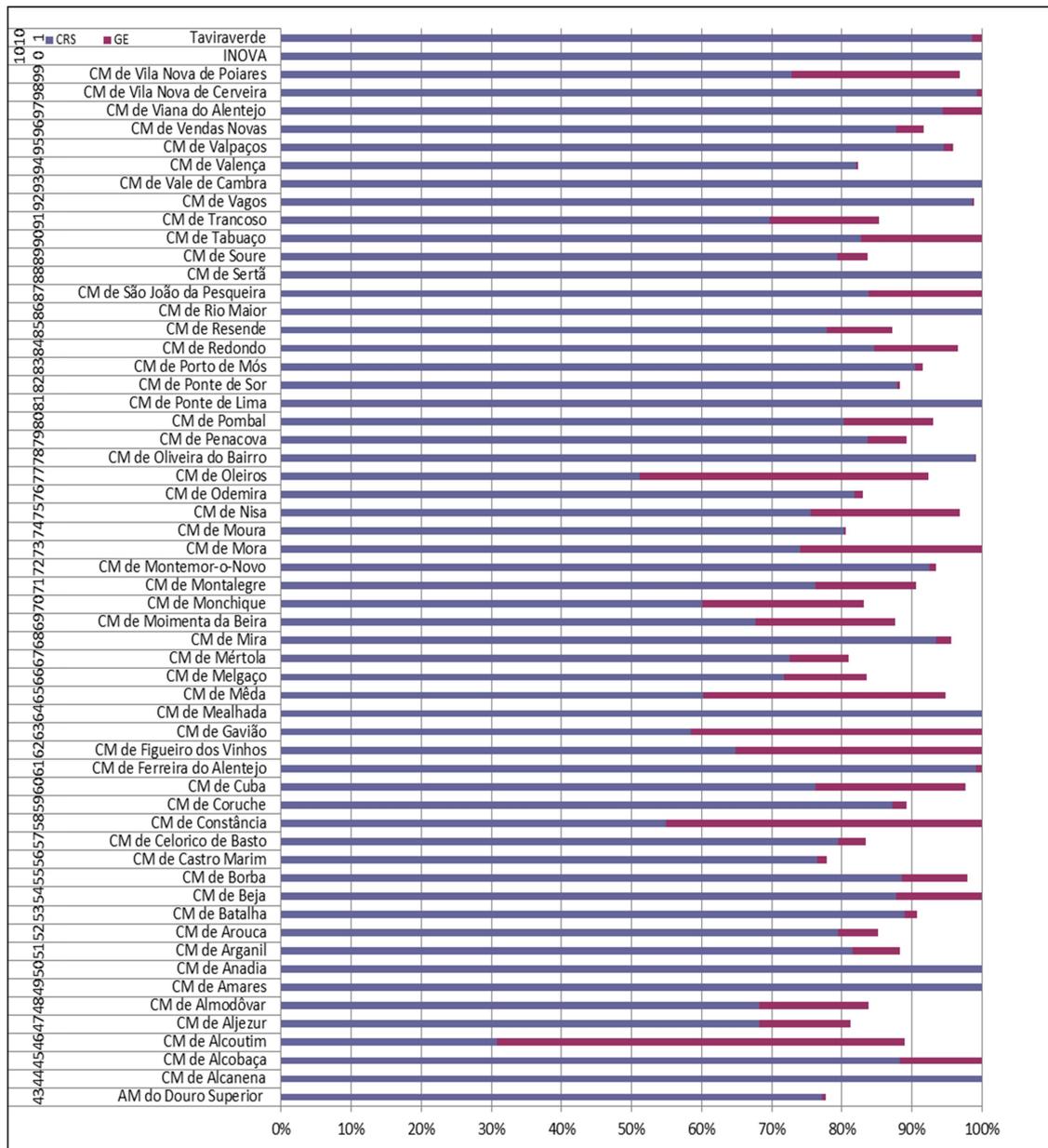
Relativamente à análise da eficiência técnica pura, para as entidades gestoras do Grupo 2, a representação dos resultados do modelo VRS para cada uma das entidades, encontra-se na figura 4.6 que se segue:

Figura 4.6- Eficiência técnica pura para entidades gestoras do Grupo 2



Como era expectável, na análise em termos de rendimentos variáveis à escala são obtidos, em média, valores mais elevados de eficiência comparativamente com o modelo CRS, verificando-se um maior número de entidades a operar na fronteira de eficiência. Ou seja, se na aplicação do modelo CRS foram encontradas 9 entidades a operar na fronteira da eficiência, pela aplicação do modelo VRS, o número de entidades eficientes passa para 21. Pela informação referente à eficiência técnica e eficiência técnica pura, foi calculada igualmente para as entidades a operar em meio rural, a eficiência de escala e desta forma os ganhos de escala referente a cada entidade. O resultado poderá ser observado na figura seguinte:

Figura 4.7- Eficiência técnica (CRS) e ganhos de escala (GE) por DMU, referente ao Grupo 2



Pela análise gráfica e dos valores obtidos para cada modelo evidenciados na tabela 4.10, verifica-se um potencial de melhoria de eficiência técnica média de 17,6%, da qual 10,4% corresponde a ganhos de escala.

Desta forma, podemos também concluir que, em média, existe potencial para as entidades gestoras que operam em meios predominantemente rurais reduzirem em 17,6% os recursos consumidos, recolhendo ainda a mesma quantidade de resíduos, se seguirem as práticas das entidades a operar na fronteira de eficiência. Acresce ainda o facto de que se estas entidades operassem à escala ótima, seriam consumidos menos 10,4% dos recursos, para recolher igual quantidade de resíduos.

Como já foi referido anteriormente, comparativamente com a aplicação do modelo CRS onde apenas 9 unidades se poderão classificar como eficientes (44, 49, 50, 64, 81, 86, 88, 93 e 100), quando se permite a existência de VRS o número de unidades eficientes passa para 21 (44, 45, 49, 50, 54, 58, 61, 62, 63, 64, 73, 81, 86, 87, 88, 90, 93, 97, 98, 100 e 101).

Esta situação sugere a existência de 12 entidades (45, 54, 58, 61, 62, 63, 73, 87, 90, 97, 98 e 101) que, sendo tecnicamente eficientes, operam a uma escala não ótima e, se atendermos ao facto de 9 dessas unidades (58, 61, 62, 63, 73, 87, 90, 97 e 98) apresentarem rendimentos crescente à escala, poderemos concluir que uma maior escala de operação conduziria a valores de eficiência relativa mais elevados. Da mesma forma verifica-se que das entidades ineficientes, as unidades 48, 60, 65, 69, 75, 77 e 99 são as que poderiam beneficiar mais com um aumento da sua escala de operações.

Pela análise efetuada, verifica-se que as ineficiências devido ao fator escala assumem proporções importantes nas entidades a operar nos meios rurais, o que evidencia a importância do fator escala no contexto de eficiência das operações de recolha de resíduos, neste meio. Desta forma, procurou-se determinar para as entidades que operam em meios rurais quais se encontram a operar em rendimentos crescentes e decrescente à escala.

Pela aplicação do modelo obteve-se que, para o meio rural, das 59 entidades gestoras 9 encontram-se a operar à escala ótima, outras 9 encontram-se a operar em rendimentos decrescentes à escala e 41 entidades a operar em rendimentos crescentes à escala. O resultado pode ser observado na tabela 4.11 que se segue:

Tabela 4.11- Escala de produção das entidades do Grupo 2

Produção	Operadores em meios rurais	Percentagem do total
Rendimentos constantes à escala	9	15%
Rendimentos crescentes à escala	41	69%
Rendimentos decrescentes à escala	9	15%
Total	59	100%

Como se pode observar na tabela anterior, cerca de 15% das entidades gestoras pertencentes ao meio rural encontram-se a operar em rendimentos constantes à escala. Por outro lado, verifica-se que cerca de 69% das entidades gestoras operam em rendimentos crescentes à escala.

De acordo com Eaton, Eaton e Allen (1999) estamos perante uma situação de rendimentos crescentes à escala, quando um aumento do valor dos *input* originam um acréscimo mais que proporcional do *output* e, desta forma, a entidade gestora não se encontra a produzir em economia de escala.

Podemos pois concluir que o meio rural é dominado por entidades gestoras a operar em rendimentos crescentes à escala e que, para recolher uma dada quantidade de resíduos, torna-se necessário proceder a um aumento menos que proporcional na capacidade de deposição, combustível consumido, capacidade de viaturas e recursos humanos.

Esta situação poderá ser explicada pela dispersão de determinados aglomerados urbanos de pequena dimensão, aliada à reduzida produção *per capita* de resíduos, o que faz com que os equipamentos de deposição instalados apresentem, na sua maioria, taxas mais reduzidas de enchimento quando comparados com os instalados nos meios urbanos.

Por outro lado, ainda que os equipamentos não se encontrem totalmente cheios, é necessário proceder à sua recolha, devido à putrefação da matéria orgânica, que origina situações de insalubridade.

Dada a maior dispersão dos equipamentos de deposição, as viaturas de recolha têm de percorrer uma maior distância para recolher os contentores que, na maior parte dos casos, não se encontram cheios. Uma vez que a recolha dos resíduos é efetuada maioritariamente em regime noturno, esta situação conduz à necessidade de utilizar mais viaturas sem que estas completem a sua capacidade de carga. Desta forma, para fazer face a um aumento da recolha de resíduos, seria necessário um reforço menos que proporcional da capacidade de equipamentos, uma vez que esta já se encontra sobredimensionada.

Uma possível solução para esta situação poderá passar pela realização da recolha dos resíduos em regime noturno complementado com a recolha diurna. Neste modelo de recolha seriam necessárias menos viaturas e, conseqüentemente poder-se-ia reduzir a sua capacidade instalada, uma vez que em locais preferencialmente urbanos a recolha poderá ser noturna. Nos locais mais dispersos seria realizada em período diurno, com as mesmas viaturas. Esta situação conduziria a um incremento de eficiência da utilização de recursos e a uma redução da capacidade instalada de viaturas.

Posteriormente a esta análise e tal como realizado anteriormente, procurámos também aferir a existência de diferenças significativas entre as entidades gestoras que operam com meios próprios e as entidades que operam, maioritariamente, com recurso a *outsourcing*, para cada um dos modelos. Resulta então para este grupo 18 entidades gestoras a operar maioritariamente com recurso ao *outsourcing* e 41 entidades a operar maioritariamente por meios próprios. Os valores médios são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 4.12- Valores comparativos de eficiência para os serviços executados com meios próprios e em *outsourcing*, referente ao Grupo 2

Modelo	Outsourcing	Eficiência Média Grupo 2
Modelo CRS	Com Outsourcing	86%
	Sem Outsourcing	81%
Modelo VRS	Com Outsourcing	93%
	Sem Outsourcing	92%

Como se pode observar, os valores de eficiência obtidos para os serviços realizados em *outsourcing* apresentam-se mais elevados, comparativamente com a sua execução com recurso a meios próprios, sendo a diferença mais expressiva no modelo CRS.

Com o objetivo de aferir se esta diferença se apresenta estatisticamente significativa, foi realizado o teste não paramétrico Mann-Whitney U. Os resultados são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 4.13- Teste de Mann-Whitney U para os valores de eficiência dos serviços executados com meios próprios e em regime de *outsourcing*, para o Grupo 2

Modelo	Sig Value	Nível de Confiança
Modelo CRS	0,241	95%
Modelo VRS	0,658	95%

Pela análise dos resultados apresentados na tabela anterior, constata-se que em ambos os modelos, o valor de significância é superior ao valor de α (0,05), para o nível de confiança considerado (95%), pelo que se conclui não existirem diferenças significativas entre o valor de eficiência obtido pelas entidades que utilizam maioritariamente meios próprios para a recolha de resíduos indiferenciados e as que recorrem maioritariamente ao *outsourcing* para desenvolver estas atividades.

Capítulo 5. CONCLUSÕES

O serviço de gestão de resíduos urbanos no setor do retalho designado por sistema em baixa reveste-se de particular importância, uma vez que se trata de um serviço público essencial, que acarreta custos elevados para os utilizadores e que, desta forma, deverá ser prestado num contexto de eficiência. A avaliação do desempenho das entidades gestoras destes serviços é pois crucial.

O objetivo deste estudo consiste em realizar uma análise de *benchmarking* às entidades gestoras do fornecimento de serviços de resíduos urbanos em baixa, utilizando, para o efeito, uma técnica não paramétrica, designada de Data Envelopment Analysis, na qual se procedeu à determinação da eficiência relativa de cada entidade gestora, no que respeita aos inputs consumidos e outputs gerados.

A técnica de DEA apresenta inúmeras vantagens face a outras metodologias. Desde já pelo facto de constituir uma técnica não paramétrica e, por esse motivo, não necessitar da definição de uma função de produção, como condição inicial. Esta técnica determina uma fronteira de produção, constituída pelos operadores mais eficientes, com recurso à programação matemática, podendo utilizar múltiplos *inputs* e *outputs*, e identifica os operadores ineficientes, reportando inclusivamente as origens dessa ineficiência. Os resultados obtidos permitem a obtenção de informação importante para as entidades governamentais, entidade reguladora e as próprias entidades gestoras, que detêm desta forma conhecimento acerca das orientações a seguir, no sentido de melhorarem o seu desempenho.

No âmbito desta investigação, foram consideradas um total de 110 entidades gestoras de resíduos em baixa, tendo-se detetado e excluído 9 entidades, consideradas *outliers*. Para as restantes 101 entidades estudadas foram considerados como *inputs* a capacidade instalada de contentores, capacidade de viaturas de recolha, combustível consumido das viaturas de recolha e pessoal afeto. Como *output* considerou-se a quantidade de resíduos indiferenciados recolhida. A informação obtida é do domínio público e foi fornecida pela entidade reguladora ERSAR.

A aplicação dos modelos CRS e VRS permitiu concluir que existem diferenças significativas entre as entidades que realizam a gestão dos resíduos em meios urbanos e as que fazem essa gestão em meios rurais, apresentando as primeiras uma eficiência mais elevada. Desta forma, foram definidos dois grupos de entidades gestoras, classificados consoante o meio em que operam, e analisados separadamente. Assim, no Grupo 1 foram incluídas as entidades que operam em meios predominantemente urbanos enquanto o Grupo 2 refere-se às entidades que operam em meios rurais predominantemente.

Para as entidades que operam em meio predominantemente urbano, podemos concluir que existe um potencial médio de melhoria de eficiência técnica de 12%, da qual 6,5% corresponde a ganhos de escala. Assim, podemos afirmar que, se as melhores práticas do setor fossem adotadas, para o nível de resíduos que tem de ser recolhido, as entidades gestoras que operam em meios predominantemente urbanos deveriam estar a utilizar apenas 88% dos recursos atuais, apresentando portanto um potencial médio de redução de recursos de 12%. Um pouco mais de metade da poupança de recursos relaciona-se com a escala, já que se as entidades gestoras operassem à escala ótima, seriam consumidos menos 6,5% dos recursos, para recolher igual quantidade de resíduos.

A análise empírica efetuada permitiu-nos ainda concluir que o meio urbano é dominado por entidades a operar em rendimentos decrescentes à escala (62%), ou seja, no caso de se verificar um aumento da quantidade de resíduos a recolher, terá de se proceder a um aumento proporcionalmente maior do valor da capacidade instalada de equipamentos, combustível e recursos humanos.

No caso das entidades gestoras que operam em meio rural, verificou-se na análise empírica, que existe um potencial médio de melhoria de eficiência técnica de 17,6%, da qual 10,4% corresponde a ganhos de escala. Ou seja, as entidades gestoras que operam em meios predominantemente rurais podem reduzir em 17,6% os recursos consumidos, recolhendo a mesma quantidade de resíduos. Uma parte desta poupança de recursos relaciona-se com a escala, já que se estas entidades operassem à escala ótima seriam consumidos menos 10,4% dos recursos, para recolher igual quantidade de resíduos.

Constatou-se também que o meio rural é dominado por entidades a operar ao nível de rendimentos crescentes à escala (69%) e que, para recolher uma dada quantidade de resíduos, torna-se necessário proceder a um aumento menos que proporcionais na capacidade de deposição, combustível consumido, capacidade de viaturas e recursos humanos.

Apesar dos valores de eficiência obtidos para os serviços realizados maioritariamente em regime de *outsourcing* se apresentarem mais elevados comparativamente com a sua execução com recurso maioritário a meios próprios, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para os dois grupos, pelo que podemos concluir que, independentemente da natureza do meio, não existem diferenças significativas, entre o valor de eficiência obtido pelas entidades que utilizam maioritariamente meios próprios para a recolha de resíduos indiferenciados e pelas que recorrem maioritariamente ao *outsourcing* para desenvolver estas atividades.

Esta observação poderá ter explicação no facto de estarmos perante uma avaliação da eficiência no plano operacional e, por esse motivo, existirão semelhanças acentuadas entre o consumo de recursos e entre os modelos operacionais considerados (meios internos e *outsourcing*).

De facto, para a recolha de resíduos são necessários para cada viatura 1 motorista e 2 cantoneiros para ambos os modelos operacionais e, na maior parte dos casos, até os próprios circuitos de recolha coincidem.

Como recomendações para investigações futuras, considera-se importante incluir os custos totais da gestão de resíduos no modelo em análise por se considerar que são uma variável importante, designadamente para complementar a análise realizada à questão relacionada com o *outsourcing* e para determinar a eficiência alocativa. Podem existir entidades gestoras que, sendo eficientes do ponto de vista operacional, poderão não o ser quando se incorporam na análise os recursos financeiros.

Capítulo 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banker, R.D., Charnes A. & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30(9): 1078-1092
- Banker, R.D. & Gifford, J.L. (1988). A relative efficiency model for the evaluation of public health nurse productivity. Pittsburg (PA, USA): Carnegie Mellon University.
- Carrasqueira, H., Teotónio, I., Carrasco, P. & Rebelo, S. (2010). Aplicação da Metodologia DEA na Análise do Desempenho de Núcleos Científicos numa Instituição de Ensino. *Dos Algarves n° 19, Revista da ESGHT/UAlg ISSN:0873-7347*.
- Chang, D. S., Liu, W. & Yeh, T.L. (2013). Incorporating the Learning Effect into Data Envelopment Analysis to Measure MSW Recycling Performance. *European Journal of Operational Research* 229, 496-504.
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin A. Y. & Seiford, L. M. (1998). *Data Envelopment Analysis, Theory, Methodology and Applications*. Kluwer Academic Publishers, 4th Edition ISBN 0-7923-9479-8.
- Chen, C. C. (2010). A performance Evaluation of MSW Management Practice in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling* 54. 1353-1361.
- Cooper, W. W., Seiford, L.M. & Tone, K. (2002). *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA- Solver Software*. Kluwer Academic Publishers
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., Thanassoulis, E. & Zanakis, S. H. (2004). DEA and it's Uses in Different Countries. *European Journal of Operational Research*, 154, 337-344.
- Cook, W. D. & Seiford, L. M. (2009). Data Envelopment Analysis (DEA). Thirty Years On. *European Journal of Operational Research*, 192, 1-17

Cunha, A. G. & Rodrigues, C. L. (2012). Apuramento de Custos e Proveitos dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados por Entidades Gestoras em Modelo de Gestão Direta. Guia Técnico nº 18. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Eaton, B. C., Eaton, D. F. & Allen, D. W. (1999). *Microeconomics*. Prentice Hall Canada Inc. Scarborough, Ontario. Fourth Edition.

ERSAR (ed) (2013). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 1, Caracterização Geral do Sector. ERSAR, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ERSAR (ed) (2014). Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal. Volume 3, Caracterização Geral do Sector. ERSAR, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

Farrel, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, Vol 120, nº 3.

Gaiola, F, J. A. & Bravo, G. I. M. (2002). Evaluation de la Eficiencia en los Sistemas de Resíduos Sólidos Urbanos en Portugal Através del Método Data Envelopment Analysis. XII Jornadas Luso-Espanholas de Gestão Científica, Volume III, Economia da Empresa e Matemática Aplicada. Departamento de Gestão e Economia. Universidade da Beira Interior. Covilhã.

Gregoriou, G. N. & Zhu, J. (2005). *Evaluating Hedge Fund and CTA Performance. Data Envelopment Analysis Approach*. Wiley. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey. ISBN 13 978-0-471-68185-4.

Huang, Y., T. , Pan, T. C. & Kao, J. J. (2011). Performance Assessment for Municipal Solid Waste Collection in Taiwan. *Journal of Environmental Management*, 92, 1277-1283.

- Janeiro, C. M. C. (2012). Avaliação de Desempenho, Verdades e Mitos. Conceção de um Modelo de Avaliação de Desempenho dos Municípios Portugueses pelo Método Data Envelopment Analysis. Chiado Editora. ISBN:978-989-697-645-3
- Joro, T & Korhonen, P. J. (2015). Extension of Data Envelopment Analysis With Preference Information. Value Efficiency. Springer Science Business Media New York 201 . ISBN 978-1-4899-7528-7
- Levy, J.Q., Teles, M., Madeira, L. & Pinela, A. (2002). O Mercado dos Resíduos em Portugal. Associação das Empresas para o Sector do Ambiente. ISBN 972-9027 57 9.
- Levy, J. Q. & Cabeças, A.J. (2006). Resíduos Sólidos Urbanos, Princípios e Processos. Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente. ISBN-989-95059-0
- Lopes, A. L. M., Lorenzetti, R. J. & Pereira, F. M. (2011). Data Envelopment Analysis (DEA) como Ferramenta para Avaliação do Desempenho da Gestão Estratégica. Revista Universo Contábil, ISSN 1809-3337. Blumenau, v 7 n°3 p77-97, Jul/Set 2011.
- Marques, R. C., Cruz, N. F. & Carvalho, P. (2012). Assessing and Exploring (In)efficiency in Portuguese Recycling Systems using Non-Parametric Methods. Resources, Conservation and Recycling, 67, 34-43.
- Marques, R. C., Carvalho, P. & Simões, P. (2012). Performance Assessment of Refuse Collection Services Using Robust Efficiency Measures. Resources, Conservation and Recycling, 67, 56-66.
- Marques, R. C. & Simões P. (2009). Avaliação do Desempenho dos Serviços de Resíduos Urbanos em Portugal. Engenharia Sanitária e Ambiental, V 14, N2, 285-294.
- Marques, R. C., Simões, P. & Cruz, N. F. (2012a). The Performance of Private Partners in the Waste Sector. Journal of Cleaner Production, 29-30, 214-221.
- Marques, R. C., Simões, P. & Cruz, N. F. (2012b). Economic Cost Recovery in the Recycling of Packaging Waste. The Case of Portugal. Journal of Cleaner Production, 37, 8-18
- Martinez, L. F. & Ferreira, A. I. (2010). Análise de Dados com SPSS. Primeiros Passos. 3ª Edição. Escolar Editora. ISBN 978-972-592-308-5.

- Mello, J. C. C. B. S., Meza, L. A., Gomes, E. G. & Neto, L. B. (2005). Curso de Análise Evolutória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Pesquisa Operacional e o Desenvolvimento Sustentável. De 27 a 30 de Setembro de 2005. Gramado, RS. Brasil.
- Moreno, R. M., Benito, B. & Solana, J. (2014). Explaining Efficiency in Municipal Services Providers. Springer Science Business. New York. *J Prod Anal* 42:225-239.
- Ozcan, Y. A. (2008). Health Care Benchmarking and Performance Evaluation. An Assessment Using Data Envelopment Analysis (DEA). Springer Science Business Media. New York . XXVI, 217P. ISBN 978-0-387-75477-5.
- Rogge, N. & Jaeger, S. D. (2012). Evaluating the Efficiency of Municipalities in Collection and Processing Municipal Solid Waste: A Shared Input DEA-Model. *Waste Management*, 32. 1968-1978.
- Rogge, N. & Jaeger, S. D. (2013). Measuring and Explaining the Cost Efficiency of Municipal Solid Waste Collection and Processing Services. *Omega, the International Journal of Management Science*, 41. 653-664.
- Rosado, J. P. R. (2008). Avaliação da Eficiência de Áreas de Distribuição de Energia Elétrica em Portugal Utilizando Data Envelopment Analysis. Tese de Mestrado. Faculdade de Economia. Universidade do Algarve. Faro
- Scheel, H. (2000). EMS: Efficiency Measurement System User's Manual. Version 1.3. 2000/08/15
- Simões, P. T. F. (2007). Eficiência dos Serviços de Resíduos Sólidos em Portugal. Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Lisboa
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill
- Thanassoulis, E. (2000). The Use of Data Envelopment Analysis in the Regulation of UK Water Utilities: Water Distribution. *European Journal of Operational Research*, 216. 436-453.
- Vesilind, A. P., Worrel, W. & Reinhart, D (2002). *Solid Waste Engineering*. Brooks/Cole. USA.

APÊNDICES

Tabela A1- Resultados dos modelos CRS e VRS aplicados às entidades gestoras inseridas em meios maioritariamente urbanos (Grupo 1)

ID	DMU	CRS	VRS	EE	No_Incrising	Escale	Outsourcing	Capacidade instalada de contentores (I)(V)	Capacidade instalada de viaturas (O)(V)	Combustível consumido (I)(V)	Total Pessoal (I)(V)	Resíduos recolhidos (O)(V)	Benchmarks	{S} Capacidade instalada de contentores (I)	{S} Capacidade instalada de viaturas (I)	{S} Combustível consumido (I)	{S} Total Pessoal (I)	{S} Resíduos recolhidos (O)
1	CM de Almada	79,6%	100,0%	79,6%	100,0%	DRS	Não	0	0	0,29	0,71	1	2					
2	CM de Amadora	72,6%	84,1%	86,4%	84,1%	DRS	Não	0	0,49	0,13	0,38	1	1 (0,11) 4 (0,54) 18 (0,01) 34 (0,34)	953,7	0	0	0	0
3	CM de Barreiro	93,4%	96,7%	96,6%	96,7%	DRS	Não	0	0,64	0,36	0	1	4 (0,09) 5 (0,91) 6 (0,00)	580,42	0	0	27,9	0
4	CM de Gondomar	90,3%	100,0%	90,3%	100,0%	DRS	Sim	0	0,86	0,14	0	1	8					
5	CM de Moita	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	0,29	0	0,69	0,02	1	4					
6	CM de Póvoa de Varzim	97,2%	100,0%	97,2%	100,0%	DRS	Não	0,03	0,89	0,01	0,06	1	12					
7	Madeira	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0,8	0,2	0	0	1	9					
8	CM de Seixal	85,6%	98,3%	87,1%	98,3%	DRS	Não	0	0,11	0,72	0,17	1	1 (0,19) 4 (0,57) 5 (0,17) 34 (0,07)	867,9	0	0	0	0
9	CM de Valongo	72,6%	79,1%	91,8%	79,1%	DRS	Sim	0,17	0,83	0	0	1	6 (0,26) 18 (0,34) 42 (0,39)	0	0	2,2	12,25	0
10	EMAC	67,1%	100,0%	67,1%	100,0%	DRS	Sim	0,77	0,18	0,02	0,03	1	0					
11	CM de Albufeira	75,5%	86,7%	87,1%	86,7%	DRS	Sim	0	0,66	0,1	0,24	1	4 (0,12) 16 (0,65) 18 (0,20) 34 (0,04)	33,18	0	0	0	0
12	CM de Alenquer	95,2%	98,4%	96,8%	98,4%	DRS	Sim	0	0,92	0	0,08	1	6 (0,28) 7 (0,44) 25 (0,19) 35 (0,08)	943,65	0	0	0	0
13	CM de Amarante	77,4%	79,9%	96,9%	79,9%	DRS	Não	0	0,92	0	0,08	1	6 (0,28) 7 (0,43) 25 (0,14) 35 (0,15)	724,4	0	0	0	0
14	CM de Benavente	89,7%	100,0%	89,7%	89,7%	IRS	Não	0	0	0,07	0,93	1	1					
15	CM de Chaves	88,4%	96,5%	91,7%	88,4%	IRS	Sim	0	0,09	0	0,91	1	14 (0,48) 21 (0,10) 35 (0,41)	207,84	0	9,42	0	0
16	CM de Figueira da Foz	94,2%	100,0%	94,2%	100,0%	DRS	Sim	0	0,72	0	0,28	1	3					
17	CM de Guarda	71,9%	72,8%	98,8%	71,9%	IRS	Sim	0	0,56	0,44	0	1	7 (0,52) 20 (0,21) 35 (0,28)	336,75	0	0	4,64	0
18	CM de Guimarães	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	1	0	0	0	1	5					
19	CM de Lagoa	94,9%	95,5%	99,4%	95,5%	DRS	Não	0	0,81	0,19	0	1	6 (0,11) 7 (0,41) 35 (0,48)	502,12	0	0	18,32	0
20	CM de Lagos	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	0	0	1	0	1	2					
21	CM de Lamego	97,7%	100,0%	97,7%	97,7%	IRS	Sim	0	0,43	0	0,57	1	2					
22	CM de Leiria	84,8%	100,0%	84,8%	100,0%	DRS	Sim	0	0,43	0	0,57	1	0					
23	CM de Lousada	88,8%	89,0%	99,8%	88,8%	IRS	Sim	0,03	0,51	0,45	0	1	7 (0,13) 20 (0,05) 35 (0,72) 42 (0,10)	0	0	0	10,55	0
24	CM de Mafra	83,6%	91,6%	91,3%	91,6%	DRS	Sim	0	0,54	0,29	0,18	1	4 (0,08) 16 (0,81) 34 (0,02) 39 (0,09)	749,36	0	0	0	0
25	CM de Marco de Canaveses	98,8%	100,0%	98,8%	100,0%	DRS	Sim	0	0,93	0	0,07	1	4					
26	CM de Marinha Grande	93,5%	93,5%	99,9%	93,5%	DRS	Sim	0	0,82	0,18	0	1	6 (0,01) 7 (0,15) 35 (0,84)	382,28	0	0	13,25	0
27	CM de Nazaré	94,6%	100,0%	94,6%	94,6%	IRS	Sim	0,18	0	0,82	0	1	0					
28	CM de Ourém	73,9%	75,3%	98,1%	75,3%	DRS	Sim	0	0,91	0	0,09	1	6 (0,18) 7 (0,77) 25 (0,01) 35 (0,03)	944,31	0	0	0	0
29	CM de Ovar	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0,04	0	0	0,96	1	0					
30	CM de Peniche	99,1%	100,0%	99,1%	99,1%	IRS	Não	0	0	0,76	0,24	1	0					
31	CM de Portalegre	75,9%	93,7%	81,1%	75,9%	IRS	Não	0	0,38	0,2	0,41	1	7 (0,08) 21 (0,03) 32 (0,79) 35 (0,10)	291,97	0	0	0	0
32	CM de Sines	77,7%	100,0%	77,7%	77,7%	IRS	Não	0,2	0	0,03	0,77	1	1					
33	CM de Torres Vedras	79,0%	86,5%	91,3%	86,5%	DRS	Não	0	0,78	0	0,22	1	6 (0,59) 16 (0,30) 18 (0,11)	2285,45	0	4,38	0	0
34	CM de Vila Franca de Xira	93,0%	100,0%	93,0%	100,0%	DRS	Não	0	0	0,5	0,5	1	4					
35	Ambiente, EEM	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0	0	0,56	0,44	1	10					
36	EMAR de Portimão	77,0%	80,5%	95,7%	80,5%	DRS	Não	0	0,55	0,45	0	1	4 (0,01) 5 (0,25) 6 (0,74)	988,81	0	0	10,75	0
37	FAGAR - Faro	79,4%	83,8%	94,8%	83,8%	DRS	Não	0	0,53	0,39	0,08	1	4 (0,07) 5 (0,38) 6 (0,15) 39 (0,40)	107,3	0	0	0	0
38	SM de Abrantes	76,8%	77,3%	99,4%	77,3%	DRS	Não	0	0,93	0	0,07	1	6 (0,05) 7 (0,52) 25 (0,02) 35 (0,41)	378,73	0	0	0	0
39	SM de Aveiro	93,1%	100,0%	93,1%	100,0%	DRS	Sim	0,01	0,45	0,39	0,16	1	2					
40	SMAES de Santo Tirso	97,6%	100,0%	97,6%	100,0%	DRS	Sim	0,28	0	0,44	0,28	1	0					
41	SMSB de Viana do Castelo	87,5%	95,2%	92,0%	95,2%	DRS	Não	0,06	0,94	0	0	1	4 (0,07) 6 (0,88) 18 (0,04)	0	0	9,21	4,6	0
42	Trofaças	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0,48	0	0	0,52	1	2					

Tabela A2 – Resultados dos modelos CRS e VRS aplicados às entidades gestoras inseridas em meios maioritariamente rurais (Grupo 2)

ID	DMU	CRS	VRS	EE	Non_inc rising	Escale	Outsourcing	Capacidade instalada de contentores (I}{V)	Capacidade instalada de viaturas (I}{V)	Combustível consumido (I}{V)	Total Pessoal (I}{V)	Resíduos recolhidos (O}{V)	Benchmarks	(\$} Capacidade instalada de contentores (I)	(\$} Capacidade instalada de viaturas (I)	(\$} Combustível consumido (I)	(\$} Total Pessoal (I)	(\$} Resíduos recolhidos (O)
43	AM do Douro Superior	77,2%	77,7%	99,4%	77,7%	DRS	Sim	0,0%	94,0%	0,0%	6,0%	1	81 (0,75) 88 (0,13) 100 (0,12)	385,74	0	9,73	0	0
44	CM de Alcanena	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0,0%	13,0%	87,0%	0,0%	1	6					
45	CM de Alcobaça	88,3%	100,0%	88,3%	100,0%	DRS	Sim	1,0%	2,0%	1,0%	95,0%	1	1					
46	CM de Alcoutim	30,9%	73,7%	41,9%	30,9%	IRS	Não	84,0%	0,0%	16,0%	0,0%	1	63 (0,75) 90 (0,25)	0	3,22	0	0,04	424,76
47	CM de Aljezur	68,3%	78,4%	87,1%	68,3%	IRS	Não	0,0%	77,0%	23,0%	0,0%	1	61 (0,62) 62 (0,36) 90 (0,02)	32,3	0	0	0,24	0
48	CM de Almodôvar	68,2%	80,8%	84,4%	68,2%	IRS	Não	11,0%	37,0%	52,0%	0,0%	1	44 (0,32) 61 (0,15) 63 (0,47) 87 (0,06)	0	0	0	1,02	0
49	CM de Amares	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1	7					
50	CM de Anadia	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	1,0%	0,0%	72,0%	26,0%	1	6					
51	CM de Arganil	81,5%	87,4%	93,2%	81,5%	IRS	Não	0,0%	11,0%	0,0%	89,0%	1	87 (0,28) 93 (0,05) 98 (0,67)	60,11	0	0,75	0	0
52	CM de Arouca	79,5%	84,3%	94,4%	79,5%	IRS	Não	24,0%	49,0%	0,0%	28,0%	1	49 (0,26) 64 (0,20) 81 (0,16) 90 (0,38)	0	0	16,06	0	0
53	CM de Batalha	89,0%	90,6%	98,2%	89,0%	IRS	Sim	0,0%	78,0%	22,0%	0,0%	1	61 (0,06) 86 (0,41) 98 (0,53)	28,12	0	0	0,12	0
54	CM de Beja	87,8%	100,0%	87,8%	100,0%	DRS	Não	77,0%	0,0%	23,0%	0,0%	1	0					
55	CM de Borba	88,5%	97,7%	90,7%	88,5%	IRS	Não	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	1	63 (0,04) 97 (0,96)	22,52	1337,83	0	4,61	0
56	CM de Castro Marim	76,5%	77,6%	98,6%	76,5%	IRS	Não	7,0%	63,0%	30,0%	0,0%	1	61 (0,92) 81 (0,02) 86 (0,02) 100 (0,04)	0	0	0	2,53	0
57	CM de Celorico de Basto	79,5%	82,8%	96,0%	79,5%	IRS	Sim	0,0%	75,0%	25,0%	0,0%	1	61 (0,13) 86 (0,04) 98 (0,83)	11,06	0	0	1,05	0
58	CM de Constância	55,0%	100,0%	55,0%	55,0%	IRS	Sim	0,0%	0,0%	16,0%	84,0%	1	0					
59	CM de Coruche	87,2%	89,0%	98,0%	89,0%	DRS	Não	0,0%	3,0%	0,0%	1,0%	1	44 (0,31) 50 (0,32) 86 (0,22) 101 (0,15)	314,45	0	0	0	0
60	CM de Cuba	76,2%	97,1%	78,5%	76,2%	IRS	Não	28,0%	40,0%	33,0%	0,0%	1	61 (0,17) 63 (0,27) 90 (0,21) 97 (0,35)	0	0	0	3,84	0
61	CM de Ferreira do Alentejo	99,1%	100,0%	99,1%	99,1%	IRS	Não	20,0%	44,0%	28,0%	8,0%	1	16					
62	CM de Figueiro dos Vinhos	64,8%	100,0%	64,8%	64,8%	IRS	Não	0,0%	64,0%	36,0%	0,0%	1	5					
63	CM de Gavião	58,4%	100,0%	58,4%	58,4%	IRS	Não	23,0%	2,0%	61,0%	13,0%	1	8					
64	CM de Mealhada	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	3,0%	35,0%	30,0%	32,0%	1	4					
65	CM de Méda	60,3%	92,0%	65,6%	60,3%	IRS	Não	10,0%	55,0%	36,0%	0,0%	1	61 (0,11) 62 (0,01) 63 (0,65) 90 (0,23)	0	0	0	0,92	0
66	CM de Melgaço	71,8%	81,4%	88,2%	71,8%	IRS	Não	0,0%	76,0%	24,0%	0,0%	1	61 (0,42) 90 (0,44) 98 (0,15)	113,06	0	0	0,68	0
67	CM de Mértola	72,6%	79,3%	91,6%	72,6%	IRS	Não	7,0%	90,0%	3,0%	0,0%	1	88 (0,35) 90 (0,58) 98 (0,03) 100 (0,04)	0	0	0	25,49	0
68	CM de Mira	93,5%	95,5%	97,9%	93,5%	IRS	Sim	30,0%	42,0%	0,0%	28,0%	1	49 (0,20) 64 (0,76) 81 (0,00) 93 (0,04)	0	0	9,02	0	0
69	CM de Moimenta da Beira	67,7%	84,5%	80,1%	67,7%	IRS	Sim	5,0%	0,0%	0,0%	95,0%	1	87 (0,68) 90 (0,19) 93 (0,13)	0	231,27	0,51	0	0
70	CM de Monchique	60,1%	78,1%	77,0%	60,1%	IRS	Não	33,0%	0,0%	37,0%	30,0%	1	49 (0,07) 63 (0,40) 73 (0,16) 97 (0,37)	0	389,78	0	0	0
71	CM de Montalegre	76,3%	89,1%	85,6%	76,3%	IRS	Sim	0,0%	75,0%	24,0%	1,0%	1	61 (0,60) 62 (0,25) 87 (0,08) 90 (0,07)	278,6	0	0	0	0
72	CM de Montemor-o-Novo	92,5%	93,3%	99,1%	93,3%	DRS	Não	0,0%	29,0%	71,0%	0,0%	1	44 (0,30) 50 (0,69) 101 (0,01)	269,49	0	0	5,08	0
73	CM de Mora	74,0%	100,0%	74,0%	74,0%	IRS	Não	24,0%	0,0%	28,0%	47,0%	1	3					
74	CM de Moura	80,3%	80,6%	99,7%	80,3%	IRS	Não	19,0%	16,0%	65,0%	0,0%	1	44 (0,16) 49 (0,69) 50 (0,15) 97 (0,01)	0	0	0	1,9	0
75	CM de Nisa	75,5%	96,0%	78,6%	75,5%	IRS	Não	30,0%	34,0%	36,0%	0,0%	1	61 (0,36) 63 (0,23) 90 (0,36) 97 (0,05)	0	0	0	5	0
76	CM de Odemira	81,8%	82,8%	98,8%	82,8%	DRS	Não	10,0%	37,0%	53,0%	0,0%	1	44 (0,12) 81 (0,49) 86 (0,14) 101 (0,24)	0	0	0	3,65	0
77	CM de Oleiros	51,1%	87,1%	58,7%	51,1%	IRS	Não	0,0%	86,0%	14,0%	0,0%	1	62 (0,22) 90 (0,78)	61,49	0	0	2,81	412
78	CM de Oliveira do Bairro	99,0%	99,1%	99,9%	99,0%	IRS	Sim	0,0%	62,0%	0,0%	38,0%	1	64 (0,33) 81 (0,38) 88 (0,02) 98 (0,27)	0,01	0	2,38	0	0
79	CM de Penacova	83,7%	88,6%	94,5%	83,7%	IRS	Não	0,0%	84,0%	16,0%	0,0%	1	88 (0,08) 90 (0,20) 98 (0,72)	80,37	0	0	1,65	0
80	CM de Pombal	80,3%	92,0%	87,3%	92,0%	DRS	Não	0,0%	0,0%	66,0%	34,0%	1	45 (0,23) 50 (0,26) 101 (0,51)	1059,82	689,28	0	0	0
81	CM de Ponte de Lima	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	36,0%	43,0%	0,0%	20,0%	1	9					
82	CM de Ponte de Sor	87,9%	88,3%	99,6%	87,9%	IRS	Não	10,0%	48,0%	42,0%	0,0%	1	44 (0,07) 61 (0,50) 81 (0,19) 86 (0,24)	0	0	0	0,69	0
83	CM de Porto de Mós	90,5%	91,5%	98,9%	90,5%	IRS	Sim	0,0%	85,0%	15,0%	0,0%	1	86 (0,28) 98 (0,39) 100 (0,32)	422,2	0	0	0,95	0
84	CM de Redondo	84,6%	96,1%	88,0%	84,6%	IRS	Não	30,0%	12,0%	27,0%	31,0%	1	1 (0,13) 61 (0,45) 73 (0,18) 90 (0,23) 93 (0,0)	0	0	0	0	0
85	CM de Resende	77,8%	85,9%	90,6%	77,8%	IRS	Não	5,0%	93,0%	3,0%	0,0%	1	88 (0,09) 90 (0,57) 98 (0,27) 100 (0,06)	0	0	0	3,55	0
86	CM de Rio Maior	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	0,0%	47,0%	53,0%	0,0%	1	9					
87	CM de São João da Pesqueira	83,9%	100,0%	83,9%	83,9%	IRS	Não	0,0%	33,0%	30,0%	37,0%	1	5					
88	CM de Sertão	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	1	6					
89	CM de Soure	79,4%	83,0%	95,7%	79,4%	IRS	Não	3,0%	77,0%	20,0%	0,0%	1	61 (0,44) 86 (0,11) 98 (0,36) 100 (0,09)	0	0	0	7,32	0
90	CM de Tabuaco	82,7%	100,0%	82,7%	82,7%	IRS	Sim	16,0%	83,0%	0,0%	1,0%	1	18					
91	CM de Trancoso	69,8%	82,6%	84,4%	69,8%	IRS	Sim	0,0%	74,0%	26,0%	0,0%	1	61 (0,55) 62 (0,20) 90 (0,25)	196,03	0	0	2,39	0
92	CM de Vagos	98,6%	98,8%	99,8%	98,8%	DRS	Não	0,0%	33,0%	42,0%	24,0%	1	50 (0,02) 64 (0,42) 81 (0,17) 86 (0,38)	83,44	0	0	0	0
93	CM de Vale de Cambra	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Sim	48,0%	0,0%	0,0%	52,0%	1	4					
94	CM de Valença	82,1%	82,4%	99,7%	82,1%	IRS	Sim	31,0%	0,0%	69,0%	0,0%	1	49 (0,41) 50 (0,47) 97 (0,12)	0	5334,3	0	4,13	0
95	CM de Valpaços	94,6%	95,9%	98,6%	94,6%	IRS	Sim	8,0%	90,0%	0,0%	1,0%	1	88 (0,57) 90 (0,14) 98 (0,09) 100 (0,19)	0	0	0,25	0	0
96	CM de Vendas Novas	87,7%	91,3%	96,1%	87,7%	IRS	Não	24,0%	63,0%	12,0%	1,0%	1	1 (0,07) 61 (0,66) 81 (0,11) 90 (0,11) 100 (0,0)	0	0	0	0	0
97	CM de Viana do Alentejo	94,4%	100,0%	94,4%	94,4%	IRS	Não	30,0%	0,0%	54,0%	16,0%	1	6					
98	CM de Vila Nova de Cerveira	99,3%	100,0%	99,3%	99,3%	IRS	Sim	6,0%	67,0%	5,0%	21,0%	1	11					
99	CM de Vila Nova de Poiares	72,8%	95,9%	75,9%	72,8%	IRS	Não	19,0%	20,0%	30,0%	30,0%	1	1 (0,27) 63 (0,41) 73 (0,02) 87 (0,10) 90 (0,2)	0	0	0	0	0
100	INOVA	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	CRS	Não	4,0%	96,0%	0,0%	0,0%	1	8					
101	Taviraverde	98,6%	100,0%	98,6%	100,0%	DRS	Não	0,0%	31,0%	69,0%	0,0%	1	4					